TP 14285F

Projet pilote d'évaluation Appareil de transport personnel motorisé

Segway et trottinette électrique

Préparé pour
Centre de développement des transports
Transports Canada

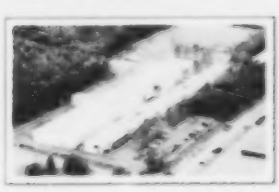
par
Centre d'expérimentation des véhicules électriques du Québec (CEVEQ)

Mai 2004

Centre d'expérimentation des véhicules électriques du Québec

CEVEQ

Centre for Electric Vehicle Experimentation in Québec



104-07739/

TP 14285F

Projet pilote d'évaluation
Appareil de transport personnel motorisé
Segway et trottinette électrique

par
Pierre Lavallée
Centre d'expérimentation des véhicules
électriques du Québec (CEVEQ)

Mai 2004

Les opinions et les vues exprimées dans ce rapport sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre de développement des transports de Transports Canada ou des organismes parrains.

Le Centre de développement des transports n'a pas l'habitude de citer des noms de produits ou de fabricants. S'il le fait ici, c'est simplement pour la bonne compréhension du texte.

Also available in English under the title "Pilot Project for Evaluating Motorized Personal Transportation Devices: Segways and Electric Scooters", TP 14285E.

Transports Canada Transport Canada

FORMULE DE DONNÉES POUR PUBLICATION

1 N° de la publication de Transports Canada	2 N° de l'étude	3 N° de catalogue du destinataire
TP 14285F	5475-76	

4 Titre et sous-titre	5 Date de la publication
Projet pilote d'évaluation Appareil de transport personnel motorisé – Segway et trottinette électrique	Mai 2004
	6 N° de document de l'organisme exécutant

7 Auteur(s)	8 N° de dossier - Transports Canada
Pierre Lavallée	2450-JP04

9 Nom et adresse de l'organisme exécutant	10 N° de dossier - TPSGC
Centre d'expérimentation des véhicules électriques du Québec 128, rue de la Gare Saint-Jérôme (Québec) J7Z 2C2	MTB-3-00961
	11 N° de contrat - TPSGC ou Transports Canada T8200-033522/001/MTB

12 Nom et adresse de l'organisme parrain	13 Genre de publication et période visée
Centre de développement des transports (CDT) 800, boul. René-Lévesque Ouest Bureau 600 Montréal (Québec) H3B 1X9	Finale
	14 Agent de projet C. Guérette

15 Remarques additionnelles (programmes de financement, titres de publications connexes, etc.)

Projet coparrainé par le Programme de recherche et développement énergétiques (PRDE) de Ressources naturelles Canada

16 Résumé

Le CEVEQ a proposé au ministère des Transports du Québec et à Transports Canada de mettre en place et de réaliser la phase 1 du projet Fly-Trottel, un projet pilote d'évaluation portant sur deux appareils de transport personnel motorisés (ATPM), le Segway et la trottinette électrique.

Ce rapport contient des informations sur les ATPM, dont une compilation générale de la littérature sur les ATPM, incluant les projets pilotes réalisés aux États-Unis et en Europe; la réglementation dans divers pays sous l'angle de la sécurité des utilisateurs, du contexte légal et des conditions de circulation. Ainsi, ce rapport fait une analyse des réglementations existantes en lien avec la sécurité, le contexte légal d'utilisation, les règles de circulation et les incidents survenus. Parallèlement, le CEVEQ, appuyé par des groupes d'experts et un groupe composé d'une cinquantaine d'utilisateurs, a procédé à une évaluation ergonomique, technique et opérationnelle des ATPM lors d'essais en circuit fermé aménagé ou en laboratoire.

À la suite de résultats des évaluations techniques et ergonomiques réalisées lors de la phase 1 du projet, il est recommandé de réaliser une deuxième phase de ce projet portant sur l'évaluation de la trottinette électrique et du Segway en conditions réelles d'utilisation, afin d'évaluer notamment la fiabilité et la sécurité de ces appareils lorsqu'ils sont utilisés en milieu urbain; l'acceptabilité sociale des trottinettes et des Segway; et leur capacité à remplacer l'automobile pour les courts déplacements en milieu urbain.

17 Mots clés	18 Diffusion
Segway, trottinette électrique, CEVEQ, appareil de transport personnel motorisé, ATPM	Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

19 Classification de sécurité (de cette publication)	20 Classification de sécurité (de cette page)	21 Déclassification (date)	22 Nombre de pages	23 Prix
Non classifiée	Non classifiée	—	xiv, 58	Port et manutention

Transport Canada / Transports Canada

PUBLICATION DATA FORM

1 Transport Canada Publication No.	2 Project No.	3 Recipient's Catalogue No.
TP 14285F	5475-76	

4 Title and Subtitle	5 Publication Date
Projet pilote d'évaluation Appareil de transport personnel motorisé – Segway et trottinette électrique	May 2004
	6 Performing Organization Document No.

7 Author(s)	8 Transport Canada File No.
Pierre Lavallée	2450-JP04

9 Performing Organization Name and Address	10 PWGSC File No.
Centre for Electric Vehicle Experimentation in Quebec 128 de la Gare St. Jérôme, Quebec J7Z 2C2	MTB-3-00961
	11 PWGSC or Transport Canada Contract No.
	T8200-033522/001/MTB

12 Sponsoring Agency Name and Address	13 Type of Publication and Period Covered
Transportation Development Centre (TDC) 800 René Lévesque Blvd. West Suite 600 Montreal, Quebec H3B 1X9	Final
	14 Project Officer
	C. Guérette

15 Supplementary Notes (Funding programs, titles of related publications, etc.)

Co-sponsored by the Program of Energy Research and Development (PERD) of Natural Resources Canada (NRCan)

16 Abstract

The Centre for Electric Vehicle Experimentation in Quebec (CEVEQ) submitted a proposal to the Quebec Department of Transport and Transport Canada to set up and carry out Phase 1 of the Fly-Trottel Project, a pilot project for evaluating two types of motorized personal transportation devices (MPTDs): the Segway and the electric scooter.

This report contains information on these two MPTDs, including a general literature review on MPTDs that focussed on pilot projects carried out in the U.S. and Europe, and legislation in various countries regarding user safety, legal framework and traffic conditions. The report also contains an analysis of existing safety regulations for Segways and scooters, the legal framework for using these vehicles, traffic rules, and incidents involving these MPTDs. Alongside these activities, CEVEQ, supported by groups of experts and a group of 50 test participants, performed ergonomic, technical, and operational evaluations of the MPTDs on a closed indoor test track and in the laboratory.

In light of the results of the technical and ergonomic evaluations performed in Phase 1 of the project, it is recommended that Phase 2 be carried out to evaluate electric scooters and Segways in actual operating conditions in order to evaluate their reliability and safety in an urban environment, their social acceptability, and their ability to replace cars for short trips in urban communities.

17 Key Words	18 Distribution Statement
Segway, electric scooter, CEVEQ, motorized personal transportation device, MPTD	Limited number of copies available from the Transportation Development Centre

19 Security Classification (of this publication)	20 Security Classification (of this page)	21 Declassification (date)	22 No. of Pages	23 Price
Unclassified	Unclassified	—	xiv, 58	Shipping/ Handling

Remerciements

Le Centre d'expérimentation des véhicules électriques du Québec (CEVEQ) remercie le ministère des Transports du Québec, le Centre de développement des transports de Transports Canada, Santé Canada ainsi que la Ville de Saint-Jérôme pour avoir permis la réalisation de ce projet et collaboré à son bon déroulement.

Nos remerciements s'adressent aussi aux personnes qui ont participé à l'enquête menée sur l'utilisation des appareils de transport personnel motorisés (ATPM) – Segway et trottinettes électriques – pour l'enthousiasme et le sérieux dont ils ont fait montre au cours de l'évaluation.

Enfin, nous saluons le professionnalisme de nos partenaires, le Centre d'essais et de recherche PMG Technologies, l'entreprise Systèmes Humains-Machines inc. (SHUMAC) et le département de Design industriel de l'Université du Québec à Montréal (UQAM).

L'ensemble de ces contributions et expertises a été précieux et a permis au CEVEQ de réaliser la phase 1 du projet pilote Fly-Trottel.

Avant-propos

Les progrès réalisés dans le contrôle de la pollution et le rendement énergétique au cours des trois dernières décennies ont visé précisément à réduire l'impact des transports sur l'environnement et la santé. Mais ils ont été souvent plus que compensés par l'augmentation du nombre de véhicules, de leur utilisation et de leur puissance. L'évolution des transports pose maintenant de nombreux obstacles aux pays désireux de mettre en place une politique de développement durable dans ce secteur.

Le développement durable est défini dans sa plus simple expression comme «un développement qui répond aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs». Le transport durable étant l'expression du développement durable dans le secteur des transports, il est celui «qui ne met pas en danger la santé publique ni les écosystèmes et comble les besoins en mobilité».

Sommaire

Le Centre d'expérimentation des véhicules électriques du Québec (CEVEQ) a proposé au ministère des Transports du Québec et à Transports Canada de mettre en place et de réaliser la phase 1 du projet Fly-Trottel, un projet pilote d'évaluation portant sur deux appareils de transport personnel motorisés (ATPM), le Segway et la trottinette électrique.

Ce travail a consisté à recueillir des informations sur les projets pilotes impliquant ces ATPM, à produire un rapport synthèse de ces études et à analyser les réglementations existantes en lien avec la sécurité, le contexte légal d'utilisation, les règles de circulation et les incidents survenus. Parallèlement à ces travaux, le CEVEQ, appuyé par des groupes d'experts, a procédé à une évaluation ergonomique, technique et opérationnelle des ATPM lors d'essais en circuit fermé aménagés ou en laboratoire. Ces évaluations comportaient aussi un volet enquête auprès d'utilisateurs. Une évaluation en conditions réelles d'utilisation, Projet Fly-Trottel 2, pourrait avoir lieu dans une phase subséquente. La décision de procéder à une telle évaluation sera considérée par les partenaires du projet et la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) à la lumière des résultats obtenus lors de la phase 1 du projet quant à la sécurité des appareils.

Résumé du contexte

Le transport des personnes et des marchandises connaît une croissance exponentielle. Les effets pervers de la mobilité (dépendance aux carburants fossiles, pollution sous toutes ses formes, gaz à effet de serre, congestion, etc.) sont connus et bien documentés et l'urgence d'agir et de trouver des solutions écologiquement viables est admis par la plupart des gouvernements de la planète, dont le Canada et le Québec.

Des visions différentes sur les solutions à privilégier sont au cœur des réflexions en cours dans le monde. L'une d'elle, faisant appel à la haute technologie, s'articule autour de la notion de l'hyper voiture, véhicule ultraléger et ultra profilé, pourvu d'un système de propulsion électrique hybride consommant 10 fois moins de carburant. Une autre vision privilégie le transport collectif à la base de toutes solutions durables. Dans cette quête de moyens alternatifs, les ATPM pourraient contribuer à un transfert modal de l'auto, pour des déplacements de courtes distances. La trottinette électrique ou le Segway sont en effet deux modes de transport «branchés» et écologiques qui permettent de se déplacer sans effort et pourraient convenir aux trajets urbains. Le législateur, préoccupé par la congestion des voies publiques particulièrement dans les grandes villes et par les questions de sécurité, réagit avec prudence à l'arrivée de ces ATPM, d'autant plus que la cohabitation de ceux-ci avec les usagers de la route et les piétons a fait l'objet de controverses.

État de la réglementation

En 2003, 40 États américains et le District de Columbia[1] avaient introduit des réglementations permettant l'utilisation du Segway sur les trottoirs, les pistes cyclables, et sur certaines routes. Nous avons aussi répertorié une quarantaine de projets de démonstration ou d'utilisation du Segway aux États-Unis et à travers le monde.

Toujours chez nos voisins du Sud, la trottinette électrique n'est pas régie par une loi fédérale. Les nombreux accidents liés à l'utilisation de la trottinette en général ont toutefois conduit à imposer des lois et des restrictions sur son utilisation. Ces lois varient d'un État à un autre, mais la majorité des États américains ne permettent pas l'usage des trottinettes électriques sur les voies publiques et les trottoirs. Selon l'American Academy of Pediatrics[2] , il y a seulement quatre États aux États-Unis qui disposent de lois régissant la trottinette électrique.

---

1 www.segway.com
2 www.aap.org

Au Canada, les ATPM – trottinettes électriques et Segway – sont interdits de circulation sur la voie publique et les trottoirs. Transports Canada, responsable d'établir des normes de sécurité pour les véhicules moteurs pouvant être utilisés sur les routes, estime que le Segway n'est pas un véhicule moteur destiné à un usage routier, mais un appareil de transport. Il appartient donc aux provinces de décider de la place du Segway sur les voies publiques. Au Québec, l'Assemblée nationale a interdit en 2001 la circulation de toutes trottinettes motorisées sur la voie publique.

Résultats de l'évaluation du Segway

Les résultats de l'évaluation technique réalisée au Centre d'essais et de recherche PMG Technologies ont montré qu'en utilisation normale, le Segway est très stable, fonctionne en douceur et sans à-coups, et donne l'impression à l'usager d'être en contrôle. Il est facile à manœuvrer, accélère en douceur, roule silencieusement et peut s'arrêter rapidement en cas d'urgence. Le conducteur est immédiatement informé d'une perte de pression dans un pneu par une légère dérive de l'appareil du côté du pneu dégonflé. L'appareil monte et descend facilement des pentes ayant une inclinaison aussi abrupte que 36 %. Des virages avec des rayons de courbure aussi faibles que 15 pieds peuvent être négociés à pleine vitesse sans dérapage et en gardant le plein contrôle de l'appareil.

L'évaluation ergonomique réalisée par l'entreprise Systèmes Humains-Machines inc. (SHUMAC) nous apprend que le Segway est facile d'utilisation en situation normale, incluant lors du franchissement d'obstacles, pour un éventail très varié d'utilisateurs. Le Segway se compare avantageusement avec d'autres types de véhicules, notamment au niveau de la stabilité, où il est d'ailleurs apparu supérieur sur ce point de vue à d'autres véhicules comme le vélo ou le cyclomoteur. L'évaluation ergonomique a permis d'identifier un certain nombre de faiblesses, dont un niveau d'alarme sonore marginalement efficace, des indicateurs visuels difficiles à lire dans un environnement ensoleillé, des codes de formes et de couleurs rendant l'interprétation des informations confuses et un délai d'inactivation trop court en cas de panne. Les évaluateurs ont aussi constaté que, dans un cas spécifique, et vraisemblablement rare, – interruption de l'alimentation énergétique lors de l'ascension d'une pente raide – il serait impossible d'immobiliser l'appareil et de maintenir sa stabilité.

L'évaluation a aussi permis d'identifier les utilisateurs qui devraient s'abstenir d'utiliser un Segway, en particulier les femmes enceintes, les gens souffrant de maladies affectant leur proprioception[3], les gens ayant une vision non adéquate à la conduite de tout autre véhicule, etc.

Les résultats de l'étude comportementale, réalisée auprès d'un public ciblé de 49 personnes qui ont expérimenté le Segway en milieu fermé, ont indiqué qu'une formation[4] reconnue par un organisme accrédité par le gouvernement, l'âge minimal d'utilisation fixé à 14 ans et le port d'un casque de sécurité sont des paramètres à prendre en compte. L'obtention d'un permis de conduire n'a pas été jugée obligatoire. Parmi les améliorations à apporter pour rendre cet appareil plus sécuritaire, on a noté le niveau d'alarme sonore, les indicateurs visuels et le délai d'inactivation. Le Segway est perçu comme un appareil conçu pour un large public et destiné à combler de multiples besoins de mobilité. Les résultats de l'enquête indiquent aussi que le Segway pourrait potentiellement entraîner un transfert de mobilité, surtout en ce qui concerne l'automobile.

---

3 Définie comme : connaissance des parties du corps, de leur position et de leur mouvement dans l'espace, sans que l'individu ait besoin de les vérifier avec ses yeux (définition tirée du *Grand dictionnaire terminologique* de l'Office québécois de la langue française).

4 Segway LLC recommande une formation de quatre heures sur le Segway HT série e (type commercial) et une formation de 30 minutes sur les Segway HT séries i et p (type consommateur).

Résultats de l'évaluation de la trottinette électrique

En regard de l'apprentissage, les personnes participantes à l'étude estiment que de dix à quinze minutes de pratique et d'explication sur le fonctionnement de la trottinette sont suffisantes pour opérer cet ATPM. Les catégories de personnes qui devraient s'abstenir d'utiliser la trottinette électrique sont sensiblement les mêmes que pour le Segway, soit les femmes enceintes, les gens souffrant de maladies proprioceptives, les gens dont le centre de gravité est déplacé ou les gens transportant des charges, etc. Les résultats des essais en milieu fermé ont démontré qu'en situation normale d'utilisation, la trottinette électrique est sécuritaire. Au niveau des améliorations à apporter, il y a l'ajout d'un klaxon et de phares. Les paramètres de normalisation identifiés sont de rendre le port du casque protecteur obligatoire et de fixer l'âge minimal d'utilisation à 12 ans. La trottinette électrique semble avant tout être destinée à un public jeune, principalement pour le loisir et de courts déplacements dans le voisinage immédiat du lieu de résidence.

Recommandations

Les résultats des évaluations techniques et ergonomiques réalisées lors de la phase 1 du projet Fly-Trottel ont clairement démontré que la manoeuvrabilité du Segway est sécuritaire. Par ailleurs, la majorité des utilisateurs qui ont participé à l'étude ont jugé que les trottinettes et les Segway étaient faciles d'utilisation et sécuritaires pour des déplacements à l'intérieur de circuits expérimentaux.

Par conséquent, il est recommandé que la deuxième phase du projet Fly-Trottel portant sur l'évaluation de la trottinette électrique et du Segway en conditions réelles d'utilisation soit réalisée selon des modalités qui seront fixées avec les partenaires du projet. La poursuite des évaluations en conditions réelles d'utilisation contribuera à la recherche d'un nouveau cadre réglementaire en définissant les caractéristiques techniques de même que les conditions de circulation des ATPM. Cette deuxième phase permettra ainsi d'évaluer :

- la fiabilité et la sécurité de ces appareils lorsqu'ils sont utilisés en milieu urbain;
- l'acceptabilité sociale des trottinettes et des Segway au Québec;
- la capacité de ces appareils à remplacer l'automobile pour les courts déplacements en milieu urbain.

Table des matières

1. Le contexte 1
1.1 Introduction 1
1.2 Historique 2
1.3 Le promoteur 3
1.4 Les objectifs 3
1.5 Méthodologie 4

2. Les appareils de transport personnel motorisés (ATPM) 5
2.1 Le Segway 5
2.2 La trottinette électrique 6
2.3 Les ATPM : un segment des transports terrestres avancés 7

3. Revue de la littérature 9
3.1 Les projets pilotes à travers le monde 9
3.2 Les cadres réglementaires à travers le monde 12
3.2.1 Le Segway 12
3.2.1.1 Les États-Unis 12
3.2.1.2 Cadre réglementaire du Segway en Europe 14
3.2.1.3 État de la réglementation du Segway au Canada 16
3.2.2 La trottinette électrique 17
3.2.2.1 Statut de la trottinette électrique au Canada 17
3.2.2.2 Cadre réglementaire aux États-Unis 17
3.2.2.3 Tour d'horizon des autres réglementations dans le monde 18
3.2.3 Des accidents reliés à l'utilisation des ATPM 19
3.2.3.1 Segway 19
3.2.3.2 Trottinette manuelle et trottinette motorisée dont électrique 23

4. Les évaluations réalisées 27
4.1 Évaluations techniques du Segway 27
4.2 Évaluation ergonomique du Segway 30
4.3 Expérimentation auprès d'un groupe d'utilisateurs 34
4.3.1 Caratéristiques des utilisateurs échantillonnés 34
4.3.2 La formation 35
4.3.3 La piste pour les essais 36
4.4 Rapport d'évaluation par les utilisateurs du Segway 37
4.4.1 Formation et apprentissage 37
4.4.2 La sécurité 38
4.4.3 Les applications 41
4.4.4 Le profil de l'acheteur potentiel 42
4.4.5 Le transfert de mobilité 42
4.5 Résumé des évaluations par les utilisateurs du Segway 43
4.6 Évaluation par les utilisateurs de la trottinette électrique 44
4.6.1 La formation 44
4.6.2 La sécurité 45
4.6.3 Les applications 47
4.6.4 Le profil de l'acheteur potentiel 47
4.7 Résumé des évaluations par les utilisateurs de la trottinette électrique 48

5. **Synthèse générale concernant le Segway et la trottinette électrique** 49

6. **Conclusion** 53

7. **Recommandations** 55

8. **Bibliographie et sites Internet d'intérêt** 57

Annexes (disponibles auprès du CEVEQ)

Rapport d'essais. Évaluation du Segway, par le Centre d'essais et de recherche PMG Technologies
Étude ergonomique du Segway, SHUMAC
Appareil de transport personnel motorisé (ATPM). Revue de la littérature : Projets, cadres réglementaires et contexte sécuritaire, CEVEQ
Rapport complet : enquête CEVEQ, incluant les questionnaires, bases de données, etc.
Rapport complet d'évaluation, Département de design industriel de l'UQAM

Liste des tableaux et graphique

Tableau 1 Indicateurs sur le transport pour les pays de l'OCDE et les autres pays, 1990 et 2030 1
Tableau 2 Sites d'opération du Segway et caractéristiques de projets 10
Tableau 3 Les exigences réglementaires inter États liées à l'utilisation du Segway HT – É.-U. 15
Tableau 4 Lieux des incidents liés à la trottinette – Canada 24
Tableau 5 Résultats d'une comparaison entre divers véhicules et le Segway 32
Tableau 6 Évaluation du degré de complexité de l'apprentissage du Segway 38
Tableau 7 Évaluation du degré de complexité de l'apprentissage de la trottinette électrique 44
Tableau 8 Synthèse générale concernant le Segway et la trottinette électrique 49

Graphique 1 Le Segway dans le transfert de la mobilité 43

1 Le contexte

1.1 Introduction

Le modèle actuel de mobilité en milieu urbain basé sur la voiture individuelle engendre des répercussions négatives : maladies dues à la pollution de l'air, réchauffement du climat (gaz à effet de serre), accidents de la route, congestions, dépendance à l'égard de sources limitées de combustibles fossiles, etc. On estime que trois millions de personnes meurent chaque année à cause de la pollution de l'air dans le monde[1]. Selon le gouvernement canadien, 16 000 personnes décèdent prématurément chaque année à cause de la pollution de l'air, dont 1 900 dans la région de Montréal seulement. Les enfants sont les principales victimes des maladies liées à la pollution. Ceux de moins de 5 ans représentent 40 % des maladies causées par l'environnement, alors qu'ils ne représentent que 10 % de la population mondiale[2]. L'Organisation mondiale de la santé prévoit qu'en 2010, l'automobile sera responsable de 40 % des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle planétaire[3].

Entre 1950 et 1990, le nombre de véhicules routiers à moteur a été multiplié par neuf dans le monde passant de 75 à 675 millions. En 2030, selon les prévisions les plus conservatrices de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), il y aura 1,62 milliard de véhicules (tableau 1). Cette augmentation spectaculaire du nombre de véhicules combinée à une hausse vertigineuse du kilométrage parcouru exigera des mesures draconiennes pour limiter les effets négatifs du transport des personnes et des marchandises.

TABLEAU 1
Indicateurs sur le transport pour les pays de l'OCDE et les autres pays, 1990 et 2030[4]

	Véhicules légers Totaux		%	Véhicules lourds Totaux		%
	1990	2030		1990	2030	
Pays de l'OCDE :						
Nombre de véhicules (millions)	468	811	**73**	16	31	**94**
Kilomètres parcourus (milliards)	7 057	12 448	**76**	687	1 377	**100**
Poids du carburant consommé (mégatonnes)	563	520	**-8**	182	359	**97**
Autres pays :						
Nombre de véhicules (millions)	179	725	**305**	14	56	**300**
Kilomètres parcourus (milliards)	2 380	9 953	**318**	647	2 512	**288**
Poids du carburant consommé (mégatonnes)	167	394	**136**	142	552	**289**
Tous les pays :						
Nombre de véhicules (millions)	648	1 537	**137**	30	87	**190**
Kilomètres parcourus (milliards)	9 437	22 400	**137**	1 334	3 889	**192**
Poids du carburant consommé (mégatonnes)	730	914	**25**	324	911	**181**

D'autre part, et bien que le Canada représente 0,5 % de la population mondiale, il produit 1,8 % des émissions globales de gaz à effet de serre (GES), ce qui néanmoins le place parmi les premiers en matière d'émissions par habitant. Dans ce contexte, et afin de lutter contre la pollution et diminuer ses GES, le Canada s'est engagé dans le cadre du protocole du Kyoto, pour la période de 2008-2012, à réduire ses émissions de GES de 6 % par rapport au niveau de 1990. Le secteur des transports représente 28 % du total des émissions canadiennes de GES. Au Québec, le secteur des transports compte pour 38 % de ces émissions.

---

1 Agence internationale de l'énergie. *Oil market report*. novembre 2003. www.oilmarketreport.org
2 Unicef, Rapport 2002. www.cyberpresse.ca
3 Organisation mondiale de la santé. www.who.int
4 Publication de l'OCDE : *La pollution des véhicules à moteur : Stratégies de réduction au delà de 2010*. 135 pages. Les véhicules légers comprennent ici les voitures particulières, les utilitaires légers et les motocyclettes.

Les solutions durables pour les villes canadiennes comme celles du monde passent par la transition vers des modes écologiquement viables tel le transport collectif pour les personnes. L'urbanisation durable veut dire aussi planification et gestion de l'espace : des zones d'habitation plus concentrées, organisées autour des grands axes desservis par des bus, métros; répartition des services quotidiens à proximité des habitations. Dans ce contexte, le recours à une large gamme de solutions techniques de transports adaptées aux circonstances spécifiques de chaque ville, comme les appareils de transport personnel motorisés (ATPM), est considéré comme une «alternative» ou une réponse à l'usage intensif de l'automobile.

1.2 Historique

La cohabitation des ATPM avec les usagers de la route et les piétons est encore aujourd'hui un sujet de controverses dans plusieurs pays. Des États permettent la circulation des ATPM selon certaines règles, d'autres les ont tout simplement interdits sur la voie publique et les trottoirs, alors que d'autres ne disposent pour le moment d'aucune disposition réglementaire les concernant (voir section 3.2).

Le terme ATPM, provient de la traduction américaine de «electric personal mobility assistive device» ou encore «personal motorized mobility device». Cette définition a été rendue nécessaire en réponse à l'introduction sur le marché américain, en 2001, du Segway HT, un appareil de transport individuel. Au Canada, puisque le Segway HT n'est pas un véhicule moteur destiné à un usage routier, il n'est pas sous l'autorité de l'agence gouvernementale responsable d'établir les normes de sécurité pour les véhicules, soit Transports Canada. Il appartient alors aux provinces canadiennes de légiférer sur la place du Segway sur les voies publiques.

Pour leur part, les trottinettes motorisées sont apparues sur le marché de la consommation en Amérique du Nord au début des années 1990. Elles ont suscité beaucoup de controverses, particulièrement celles qui étaient propulsées par un moteur à essence polluant et très bruyant. Elles ne font l'objet d'aucun cadre réglementaire précis au Canada. Devant la prolifération des trottinettes motorisées et devant le fait qu'elles ne sont pas définies par le Code de la sécurité routière, l'Assemblée nationale du Québec interdisait la circulation de toutes trottinettes motorisées sur la voie publique en 2001.

Depuis 1999, le Centre d'expérimentation des véhicules électriques du Québec (CEVEQ) a réalisé plusieurs évaluations à des fins réglementaires avec Transports Canada et le ministère des Transports du Québec, entre autres, sur le dossier des vélos électriques, des véhicules électriques à basse vitesse (VBV), etc.

Le projet Fly (Segway) et le projet Trottel (trottinette électrique) ont été élaborés par le CEVEQ et soumis aux partenaires gouvernementaux, municipaux et industriels à l'hiver 2003. Les deux projets ont été fusionnés au printemps 2003, pour prendre le nom commun de Projet Fly-Trottel. En juillet 2003, le projet Fly-Trottel a été modifié pour documenter dans une première phase, une étude exhaustive sur l'aspect sécuritaire et opérationnel en milieu fermé.

Les travaux de la phase 1 ont démarré en septembre 2003 sous la conduite du CEVEQ et se sont poursuivis jusqu'à la fin décembre de la même année. Un comité de suivi composé de représentants de Transports Canada, de Transports Québec, de Santé Canada et du CEVEQ a participé aux validations nécessaires en cours de route.

1.3 Le promoteur

Fondé en 1996, le CEVEQ est le premier centre dédié au développement des véhicules électriques et hybrides et du transport avancé au Québec et au Canada. Le CEVEQ propose à l'entreprise privée, à des organismes gouvernementaux ou municipaux, les expertises suivantes :

- Évaluations techniques, opérationnelles ou réglementaires de véhicules électriques (VÉ) et hybrides (VH);
- Gestion de projet de démonstration et de vitrine technologique;
- Intelligence économique – Veille technologique;
- Développement de produits (propulsion électrique);
- Publication d'études et de rapports;
- Organisations de colloques, de forums;
- Mise en relation de partenaires;
- Communication sur les transports avancés.

Au cours des dernières années, le CEVEQ a réalisé des projets de démonstration et d'évaluation qui visent à favoriser l'application de solutions concrètes en matière de transport durable : le projet véhicules électriques – *Montréal 2000*, le projet vélos électriques qui a donné lieu à une réglementation fédérale et provinciale (Québec et Colombie-Britannique); le projet pilote d'évaluation de véhicules électriques à basse vitesse en milieu urbain, en collaboration avec Transports Québec et Transports Canada, etc. D'autre part, le CEVEQ est le coorganisateur du Forum international sur la mobilité urbaine et le transport avancé (MUTA), qui a lieu alternativement en France et au Québec. La première édition a eu lieu en octobre 2002 au Québec, la 2e édition MUTA 2003 s'est tenue à Poitiers en France, et la 3e édition MUTA 2004, se tiendra du 15 au 18 septembre 2004 au Mont Tremblant et à Saint-Jérôme, au Québec.

1.4 Les objectifs

Le CEVEQ a proposé au ministère des Transports du Québec et à Transports Canada de mettre en place la phase 1 du projet Fly-Trottel, un projet pilote d'évaluation d'appareils de transport personnel motorisé (ATPM).

Les objectifs du projet sont variés, mais en résumé on peut mentionner que le projet vise à :

- Contribuer à la recherche d'un cadre réglementaire pour les ATPM;
- Identifier des paramètres de normalisation et des exigences en matière de sécurité;
- Évaluer l'aspect apprentissage et utilisation sécuritaire lors d'essais en milieu fermé;
- Connaître les applications potentielles et les limitations auprès des différents publics;
- Favoriser l'émergence de moyens de transport propres en milieu urbain.

1.5 Méthodologie

Le Projet Fly-Trottel phase 1 comporte deux grands volets :

1. Collecte et analyse synthèse des informations portant sur la mise en service des ATPM – Segway et trottinette électrique – aux États-Unis et en Europe.

2. Évaluation ergonomique, technique (comportement et performances) et opérationnelle des ATPM lors d'essais en circuits fermés aménagés ou en laboratoire. Ces évaluations comportent entre autres un volet enquête auprès d'utilisateurs.

Trois groupes d'experts et un échantillon d'utilisateurs de 49 personnes ont été mis à contribution pour réaliser les diverses évaluations complémentaires sur le Segway et la trottinette électrique. La synthèse des différentes études et la rédaction du rapport final revenant au CEVEQ, le gestionnaire du projet.

- Une revue de la littérature comprenant une compilation générale de la littérature sur les ATPM, incluant les projets pilotes réalisés aux États-Unis et en Europe; la réglementation dans divers pays sous l'angle de la sécurité des utilisateurs, du contexte légal et des conditions de circulation. Cet élément de l'étude a été réalisé par le CEVEQ.

- Un rapport d'essais avec des utilisateurs ciblés s'appuyant sur des individus choisis pour leurs représentativités (âges, sexes, habiletés). Après avoir reçu la formation recommandée et autorisée par le manufacturier Segway et dispensée par le CEVEQ, les participants se sont servis des ATPM en circuit fermé aménagé. La formation dite d'orientation était d'une durée de quatre heures pour les Segway et d'une heure pour les trottinettes électriques. Ensuite, chaque utilisateur a été soumis à une période d'essais pratiques d'une trentaine de minutes en moyenne et a ensuite répondu à un questionnaire exhaustif élaboré par un ergonome et le CEVEQ.

- Un rapport technique visant à évaluer le comportement et les performances de l'appareil Segway dans différentes conditions d'utilisation, notamment lors de manœuvres précises comme le freinage d'urgence, les virages ou le roulage de surface mixte a été réalisé. Ces essais ont été menés dans les laboratoires et sur les pistes du Centre d'essais et de recherche PMG Technologies.

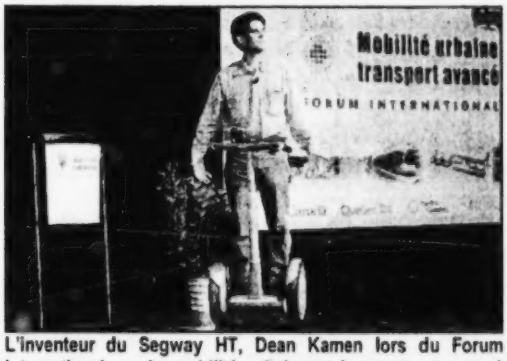
- Un rapport ergonomique afin de fournir un avis basé sur des connaissances bien établies en ergonomie et portant sur divers aspects de l'utilisation sécuritaire du Segway. L'étude a été réalisée par l'entreprise Systèmes Humains-Machines inc. (Shumac). Ce travail comportait trois étapes, soit une étude comparative du Segway avec d'autres moyens de transport individuel, des observations lors de séances de formation et d'essais en milieu contrôlé à Saint-Jérôme et un examen de l'interface de l'utilisateur avec l'appareil au moyen de diverses normes et lignes directrices propres aux études ergonomiques.

- Un rapport d'évaluation complémentaire a été réalisé au département de Design industriel de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) dans le cadre du cours *Méthodologie de design d'équipements et véhicules de transport*. Ces travaux ne sont pas catégorisés comme des rapports d'expertise et n'ont donc pas fait l'objet d'un chapitre. Toutefois, certaines observations intéressantes ont été incluses dans la partie consacrée aux résultats des études ergonomiques et servent d'éléments complémentaires à l'étude menée par SHUMAC.

2 Les appareils de transport personnel motorisés (ATPM)

2.1 Le Segway

Baptisé *Segway Human Transporter* et initialement connu sous les noms de «IT» et de «Ginger», le Segway a été dévoilé en grande pompe en décembre 2001 aux États-Unis. Il est décrit comme «le premier transporteur humain à propulsion électrique qui s'auto-équilibre»[5]. Il existerait environ 6 000 de ces ATPM en utilisation dans le monde.

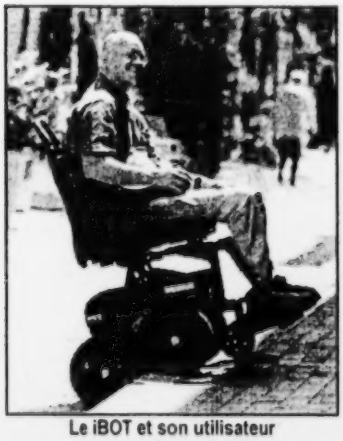


L'inventeur du Segway HT, Dean Kamen lors du Forum international sur la mobilité urbaine et le transport avancé (MUTA 2002).

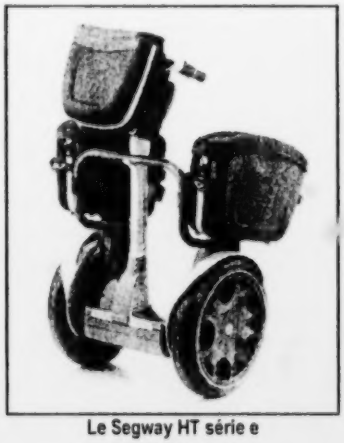
L'idée qui a donné naissance au Segway est venue du iBOT, un fauteuil roulant révolutionnaire équipé de six roues et qui permet aux handicapés de monter des marches d'escalier sans que le fauteuil perde son équilibre. L'engin avait été originellement baptisé *Fred* par son inventeur Dean Kamen, président de Segway LLC.

À ce jour, la compagnie Segway LLC propose trois modèles :

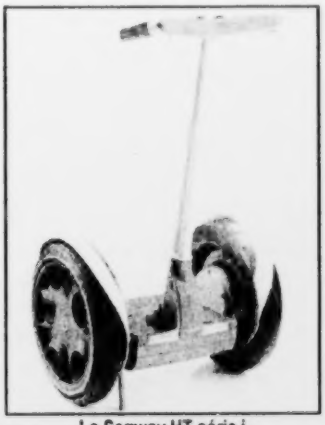
- le Segway HT i 167 (série i),
- le Segway HT e 167 (série e) et
- le Segway HT p 133 (série p).



Le iBOT et son utilisateur montant les escaliers



Le Segway HT série e

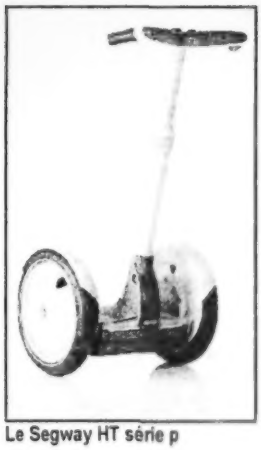


Le Segway HT série i

La mise en marche du Segway se fait par une clé codée difficilement falsifiable qui enregistre les réglages de l'utilisateur. Chaque appareil possède trois clés «intelligentes» permettant aux utilisateurs d'adapter leur mode de conduite à leur expérience et aux conditions d'utilisation. Le mode «apprentissage» (vitesse maximale de 8 km/h et virages lents) permet de prendre de l'assurance et de se familiariser avec le véhicule. Le mode «piéton» (vitesse maximale de 12 km/h et virages à vitesse moyenne) est adapté à un environnement piétonnier. Enfin, le mode «espace ouvert» (vitesse maximale de 20 km/h et virages prononcés) permet de circuler dans un espace dégagé[6].

---

5 www.segway.com
6 www.segway.com



Le Segway HT série p

Le Segway maintient seul son équilibre et celui de son passager. Équipé d'un manche fixe en forme de T fixé sur un plateau posé sur deux roues côte à côte, le Segway se conduit debout et se manœuvre grâce à la dynamique du corps humain : se pencher en avant le fait avancer, se redresser l'arrête, une inclinaison en arrière le fait reculer. Sans frein ni accélérateur, cet engin dispose d'une poignée pour tourner et est le seul véhicule à pouvoir tourner sur lui-même, comme un piéton, grâce à ses roues capables de tourner en sens contraire. La compagnie Segway LLC recommande une formation de quatre heures sur le Segway HT série e (type commercial) et une formation de 30 minutes sur les Segway HT séries i et p (type consommateur). Cette formation théorique et pratique a pour but d'enseigner les bases fondamentales pour rouler en Segway HT.

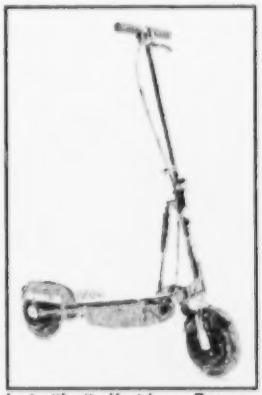
Grâce à ses microprocesseurs, le Segway analyse en permanence sa conduite. Cinq gyroscopes et deux capteurs travaillent ensemble pour déterminer la position du Segway par rapport à son centre de gravité. Les ordinateurs embarqués analysent leurs mesures et compensent en temps réel les irrégularités du sol pour piloter le mouvement et assurer la stabilité de l'utilisateur. Avec une autonomie maximale de 25 km dans des conditions idéales d'utilisation (vent, qualité du revêtement, absence de pente) ou 17 km dans des conditions normales d'utilisation, la masse du Segway séries i et e est de 38 kg et ils peuvent se plier et se ranger dans une voiture.

Avec ses 31 kg, le Segway série p est le modèle le plus léger et le plus portatif de la gamme. Il est équipé de roues plus petites que les deux autres modèles et sa plate-forme est moins large. Le Segway série p a une vitesse maximale de 16 km/h. Au début, ce Segway a été vendu aux consommateurs dans des marchés tests. Considéré comme une solution pour le transport sur de courtes distances, ce modèle est disponible sur le marché américain depuis le milieu du mois d'octobre 2003.

2.2 La trottinette électrique

La trottinette électrique est un engin de transport individuel à deux roues muni de batteries. Semblable à la trottinette conventionnelle, elle pèse environ 15 kg pour une longueur de près de 1 m et peut posséder une clef de contact, des manettes d'accélération et de freinage[7]. Certains modèles possèdent un siège, d'autres encore sont munis de dispositifs de sécurité tels que des phares, des clignotants, des réflecteurs de phare et peuvent être pliés ou munis de trois roues[8].

Pour mettre la trottinette en marche, il suffit de deux à trois poussées énergiques du pied et d'actionner la gâchette qui met en route le moteur. Sa vitesse maximale est de 20 km/h (variant en fonction de plusieurs facteurs, tels le poids du conducteur, le relief, etc.) avec une autonomie pouvant aller jusqu'à 15 km[9].



La trottinette électrique «Zappy»

[7] Le poids et les performances de la trottinette peuvent varier d'un modèle à un autre

[8] Le manufacturier BMW devait lancer le printemps dernier le *SlideCarver*, une trottinette de haute technologie à trois roues. Autoproclamée «patinette high-tech de l'été 2003», l'invention de BMW est «issue de la technologie auto et moto». www.moto-net.com, www.bmw.fr

[9] Ces spécifications varient d'un modèle à un autre.

La trottinette électrique de type scooter «Scorpion S-I»

C'est en 1990 que les trottinettes motorisées ont fait leur apparition sur le marché nord-américain, mais historiquement le terme «trottinette» daterait de 1902. Ce serait en fait un diminutif de trottin, terme en usage à l'époque et qui désignait un jeune employé chargé de faire des courses en ville et qui, pour cela «trottinait» fréquemment, c'est-à-dire marchait à petits pas courts et pressés[10]. On raconte aussi que le photographe suisse Patrick Rohner serait le père de la trottinette à moteur. Il cherchait un moyen de locomotion pour de petites distances. Il se serait servi d'une planche à roulettes où il installa une corde à l'avant pour se diriger plus facilement avant de la remplacer par une tige métallique.

Il n'y a pas de termes communément admis pour définir la trottinette électrique, à part le fait qu'elle est propulsée par un moteur électrique, de sorte que le concept baigne dans un flou terminologique inhérent aux évolutions technologiques rapides, aux propriétés et performances variées des modèles existants, au manque de paramètres ainsi que de spécifications techniques communs. En effet, certaines réglementations ne font pas expressément mention de la trottinette électrique en tant que telle. Certaines réglementations traitent dans l'amalgame des planches à roulettes, des patins à roues alignées, des trottinettes motorisées (thermique et/ou électrique, modifiée) et, de façon générale, de la trottinette.

2.3 Les ATPM : un segment des transports terrestres avancés

Les véhicules à traction électrique (métro, SLR, autobus, automobile, bicyclette), qui par nature, sont un mode de transport propre à vocation urbaine, constituent une réponse appropriée aux problèmes de pollution de l'air, de nuisances sonores, etc. De nouveaux modes de transport ultra légers, dont le Segway, tendent à se développer pour répondre à de courts déplacements urbains. Dans le cadre d'une stratégie de réduction des GES, les ATPM peuvent présenter une alternative et une nouvelle dimension au déplacement urbain dans le prolongement des transports collectifs et remplacer l'automobile sur de petites distances.

[10] Bulletin épidémiologique hebdomadaire de l'Institut de veille sanitaire, n° 38/2002 du 17 septembre 2002.

3 Revue de la littérature

Le CEVEQ a procédé à une compilation de la littérature sur les ATPM :

- En rassemblant des publications provenant d'agences gouvernementales, d'organismes de coopération internationale, d'universités, de centres de recherche, de manufacturiers, de compagnies de location, etc.;
- En établissant des contacts – téléphones et entrevues – avec les représentants de ces entreprises et des autorités gouvernementales et municipales, associations de consommateurs, etc., pour discuter des informations;
- En construisant à partir d'Internet une banque d'information.

Les angles de traitement identifiés portaient sur le retour d'expériences des pays qui permettent le Segway et la trottinette électrique, le contexte légal de l'introduction des ATPM, la sécurité des utilisateurs, les conditions de circulation; les accidents et blessures occasionnés par l'utilisation des ATPM. L'étude menée par le CEVEQ (*Revue littérature : projets, cadres réglementaires et contexte sécuritaire*) présente le rapport complet de ces recherches partiellement synthétisées au chapitre 3 du présent rapport.

3.1 Les projets pilotes à travers le monde

Nous avons répertorié près d'une quarantaine de projets de démonstration ou d'utilisation du Segway aux États-Unis et à travers le monde. La plupart de ces projets sont actuellement en cours de réalisation ou sont confidentiels de sorte que plusieurs études ne sont pas disponibles. Nous avons toutefois obtenu certaines données qui sont présentées au tableau 2. Concernant la trottinette électrique, aucun projet pilote et aucune étude n'ont été identifiés. Le présent chapitre s'attardera donc plus particulièrement sur les projets réalisés ou en cours de réalisation sur le Segway HT.

Dévoilée en 2001, la stratégie de vente de Segway a visé des applications de démonstration axées notamment sur des potentiels d'utilisations commerciales et industrielles. Tout en fournissant une visibilité pour le Segway, les essais et les projets initiaux ont d'abord été effectués dans les environnements de travail de plusieurs agences fédérales américaines, dont notamment le US Postal Service et le US National Park Service.

Actuellement, plusieurs programmes de démonstration pilote sont en cours dans différentes villes à travers le monde. Ces projets portent surtout sur des aspects d'utilisation en milieu récréotouristique comme des services de location à court terme au centre-ville. D'autres essais ont lieu dans des milieux universitaires et des centres de recherche afin d'évaluer l'intégration éventuelle du Segway parmi la gamme de moyens de transport ou encore d'appréhender les aspects sécuritaires et comportementaux des utilisateurs.

Voici un résumé de quelques projets pilotes :

- En 2002, le US Postal Service avait acheté 40 Segway en vue de déterminer l'efficacité de l'appareil dans le transport et la livraison de courrier. Le US Postal Service estime que les premiers essais à travers six villes ont été prometteurs[11], et étaient encore en cours tout au long de l'année 2003 afin d'évaluer pleinement les aspects sécuritaires ainsi que les avantages de l'appareil en terme de gain de temps et d'argent.

---

11 *2002 Comprehensive Statement on Postal Operations*, United States Postal Service.

TABLEAU 2
Sites d'opération du Segway et caractéristiques de projets

Organisation/lieu	Application	Lancement	Objectifs d'évaluation	Pays
Police Atlanta (Georgie), Boston (Massachusetts), Santa Monica (Californie), Fond du Lac (Wisconsin)	Patrouille policière	Depuis décembre 2002 et juillet 2003	• Patrouille policière : trafic, sécurité, contrôle de la circulation • Tests	États-Unis
Soins de santé Emergency Medical Services (EMS), Boston (Massachusetts) MedExpress, Alexandria (Louisiane)	Santé et urgence	Avril à juillet 2002 Depuis novembre 2002	• Évaluer les performances sécuritaires • Évaluer le rendement en temps dans l'accès aux patients	États-Unis
Service postal **United States Postal Service** Bronx (New York), Chandler (Arizona), Norman (Oklahoma), Memphis (Tennessee), San Francisco (Californie) **Postes Canada**	Livraison de courrier	Depuis janvier 2002 Prédémarrage	• Efficacité dans la livraison de courrier • Facteurs temps et efforts physiques	États-Unis Canada
Municipalités et villes Atlanta, Berkeley, Seattle Paris, Dijon, Besançon, Nice, Marseille Bangkok Vancouver, Montréal	Milieu urbain	Depuis mai 2002 et janvier 2003	• Déplacements courts trajets • Stations de trains et autobus • Viabilité économique • Services municipaux • Contrôle d'équipements aéroportuaires • Visites guidées • Location	États-Unis France Thaïlande Canada
Entreprises GE Plastics, New York State Electric and Gas Corporation (NYSEGC), Georgia Power	Industriel et semi-industriel	Depuis 2002 et 2003	• Déplacements • Inspection et patrouille • Manoeuvrabilité • Relèvement de compteurs d'eau et d'électricité	États-Unis
Parcs et centres récréatifs National Park Service (Grand Canyon et Washington D.C.) Disney Cruise Lines (Orlando)	Parcs récro-touristiques	Depuis septembre 2002	• Efficacité dans les déplacements • Patrouille • Visite	États-Unis
Universités Louisiana Tech University Center for Entrepreneurship and Information Technology (CenIT) Pittsburgh Technical Institute (PTI) University of Hartford University of Memphis, Worcester Polytechnic Institute (WPI), Catholic University of America (CUA), Georgia Institute of Technology REHABTech (Monash University)	Essais techniques et évaluations diverses	Depuis décembre 2002	• Usage dans et entre les salles de cours • Gestion d'événements • Maintenance et réparations • Patrouille au sein du campus	États-Unis Australie

Le US Postal Service teste le Segway HT dans le transport et la livraison de courrier.

La ville de Seattle a testé et évalué le Segway dans les opérations de relèvement des compteurs d'eau. La période d'essai s'est déroulée d'octobre à décembre 2002. Pendant cette période, presque 200 itinéraires quotidiens, en zone commerciale et résidentielle, ont été effectués en Segway par des releveurs de compteurs[12]. Les résultats préliminaires semblent montrer que l'utilisation du Segway réduit ou annule les contraintes physiques (marche et transport de poids) et ses conséquences (fatigue, maladies, soins médicaux et absences). Le coût annuel de préjudices était de 988 $ pour la ville de Seattle, par lecteur de compteur, au cours de la période 1998-2002. À la ville de Seattle, on estime que l'utilisation du Segway pourrait engendrer une économie de 20 % en coûts de préjudices.

REHABTech, un centre spécialisé dans les questions de réadaptation (personnes ayant des problèmes de mobilité) et affilié à Monash University (Australie) a procédé en juin 2003 à des essais sommaires du Segway par un amputé et une victime de poliomyélite souffrant de fatigue aiguë. Dans un court laps de temps, les patients pouvaient monter et utiliser en confiance le Segway sans harnais de sécurité, provoquant de la part de l'amputé ces commentaires : «Je serai confiné à un fauteuil roulant... Si j'emploie le Segway, je serai plus mobile et pour plus longtemps.» L'amputé a mis plus de temps d'adaptation à monter et à descendre sur le Segway : deux à trois minutes contrairement à une minute pour le malade souffrant de polio. Le processus consistait d'abord à regarder la vidéocassette de formation avant de procéder à la formation pratique avec l'aide de l'instructeur qui tenait le guidon tandis que le client stabilisait le Segway. Ces opérations ont été répétées jusqu'à ce que le client soit assuré de ne pas osciller. L'opération la plus difficile durant les essais était la montée et la descente de l'appareil. REHABTech pense que le modèle Segway HT série p serait idéal et plus pratique pour les personnes à mobilité réduite parce que sa plate-forme est plus basse et donc facile d'accès[13]. REHABTech croit que le Segway est censé être une solution idéale pour beaucoup de personnes ayant des problèmes de mobilité. Le centre rendra public un document contenant des directives sur certains des secteurs à considérer dans l'utilisation du Segway chez des personnes ayant des problèmes de mobilité.

Le Segway mis à l'essai par un amputé (Monash University)

Les différents projets de Segway nous permettent d'identifier certaines applications d'utilisation potentielle du Segway, autant dans un cadre commercial, industriel qu'urbain. Dans tous ces projets de démonstration, il semble que le Segway offre une gamme d'avantages dont la réduction de la contrainte physique, la rapidité et plus de mobilité.

Voici quelques applications d'intérêt que nous avons relevées dans les différents projets :

- Patrouille policière;
- Aide au service de maintenance et d'entretien (relèvement de compteurs d'eau ou d'électricité);
- Transport et livraison de courrier;

---

12 *Water Meter Reading With Segway: Life Cycle Cost Analysis Report*, June 2003, City of Seattle.

13 Bill Contoyannis, Manager/ Rehabilitation Engineer, REHABTech – Monash University.

- Inspection des lignes de transport de gaz naturel;
- Location en milieu récréotouristique;
- Visites guidées pour touristes et résidents;
- Solution aux personnes ayant des problèmes de mobilité (essais sur un amputé);
- Prolongement ou accès aux transports collectifs (intermodalité);
- Transport pour la gestion et patrouille lors d'événements.

Vue d'une station oxygène de location de Segway (France)

De toutes les applications observées, il n'y en a aucune qui fait mention d'utilisation en période hivernale, mais pour Segway LCC, le Segway HT a été conçu pour aller à tout endroit où une personne peut se déplacer. Il donne aux gens la capacité de se déplacer presque partout. Ses pneus le rendent utilisable sur des terrains divers et dans des environnements rigoureux. À ce jour, et probablement à la suite de nombreuses remarques, Segway LLC vend des pneus d'adhérence supérieure utilisables dans la neige.

3.2 Les cadres réglementaires à travers le monde

3.2.1 Le Segway

3.2.1.1 Les États-Unis

La réglementation du Segway a commencé en 2002 aux États-Unis. Celle-ci faisait justement suite au début de la commercialisation du produit, une année après la campagne médiatique qui a fait connaître le Segway HT et son inventeur, Dean Kamen.

À la rédaction de ce rapport, 40 États et le District de Columbia[14] avaient introduit des réglementations sur l'utilisation du Segway HT sur les trottoirs, les pistes cyclables, et sur certaines routes. Les lois diffèrent d'un État à un autre, mais la plupart définissent le Segway comme un «Electric Personal Assistive Mobility Device» ou «Personal Motorized Mobility Device»; un appareil de transport personnel motorisé (ATPM). Certains États ont même choisi de redéfinir le terme piéton pour y inclure «une personne circulant sur le Segway»[15].

En effet, la première étape vers l'approbation du Segway HT sur les trottoirs a été l'adoption de la législation nationale qui a légalisé en juin 2002 son utilisation sur les trottoirs placés sous juridiction fédérale. Cette législation (loi du sénat S. 2024) a défini le Segway HT comme une nouvelle classe de véhicule : «Electric Personal Assistive Mobility Device», le séparant d'autres nouvelles formes de mobilité telles que les trottinettes ou encore les scooters. La S. 2024, qui définit le Segway comme un dispositif électrique de transport possédant une plate-forme stabilisée entre deux roues parallèles, donne toutefois aux États et autorités locales le pouvoir de légiférer sur l'utilisation du Segway au niveau régional et local. Il approuve l'utilisation du Segway sur les trottoirs placés sous autorité fédérale et sur des terrains privés.

---

[14] www.segway.com

[15] Voir dans le tableau 3, la section *Lois régissant piétons s'appliquent*

Le texte indique que le dispositif utilise des technologies avancées et qu'il est efficace sur le plan énergétique et intègre entièrement et de manière sécuritaire son utilisateur dans un environnement piétonnier; que le dispositif permet à des individus de voyager plus loin sans utilisation des véhicules traditionnels; qu'il favorise des gains dans la productivité; qu'il réduit au minimum des incidences sur l'environnement; et qu'il facilite une meilleure utilisation des voies publiques.

Résumé des principales réglementations américaines

La revue de la littérature nous a permis de constater que :

- Dans 34 États, le Segway est autorisé sur les trottoirs, les rues publiques et les pistes cyclables : Alabama, Alaska, Arizona, Californie, Caroline du Nord, Caroline du Sud, Delaware, Floride, Georgie, Illinois, Indiana, Kansas, Maine, Maryland, Michigan, Minnesota, Mississippi, Missouri, Nebraska, New Hampshire, New Jersey, Nouveau-Mexique, Ohio, Oklahoma, Oregon, Pennsylvanie, Rhode Island, Tennessee, Texas, Utah, Virginie, Virginie occidentale, Washington et Wisconsin.
- Il est spécifiquement interdit de rouler avec cet ATPM dans les rues de trois États, soit le Connecticut, l'Iowa et le Vermont.
- Le Segway est uniquement autorisé sur les trottoirs et/ou sur les pistes cyclables dans quatre États ainsi que dans le District de Columbia : Connecticut, Dakota du Sud, Idaho et Nevada.
- Une limite d'âge est imposée aux utilisateurs du Segway dans onze États et dans le District de Columbia : Arizona, Connecticut, Georgie, Iowa, Missouri, Ohio, New Jersey, Rhode Island, Utah, Vermont et Virginie.
- Dans neuf États, le port du casque est obligatoire, selon les États, pour les personnes âgées de moins de 12, 15, 16 et 18 ans : Delaware, Floride, Georgie, Maryland, New Jersey, Ohio, Pennsylvanie, Utah et Virginie. Le port du casque est obligatoire pour tous les usagers dans le New Jersey.
- Dans quatorze États, les règles de circulation régissant les piétons sont appliquées aux utilisateurs du Segway : Arizona, Californie, Caroline du Nord, Dakota du Sud, Georgie, Idaho, Illinois, Kansas, Minnesota, Missouri, Nevada, Nouveau-Mexique, Vermont et Virginie occidentale. Par contre, dans deux États – New Jersey et Texas – il est demandé à l'utilisateur du Segway de se conformer aux normes régissant les vélos quand il emprunte les routes et les pistes cyclables[16]. Dans un État, l'Oregon, les deux exigences sont combinées et il est ainsi demandé aux utilisateurs de Segway de se conformer aux lois régissant les piétons quand ils empruntent les trottoirs et celles régissant les vélos quand ils utilisent les pistes cyclables.
- Lors de la rédaction de ce rapport, certains États n'avaient pas encore de cadre réglementaire définitif quant à l'utilisation du Segway. Dans ces États, soit le processus réglementaire est encore en cours, soit il n'y a pas d'interdiction formelle quant à l'utilisation du Segway : Arkansas, Colorado, Dakota du Nord, Hawaii, Kentucky, Louisiane, Massachusetts, Montana, New York et Wyoming (voir tableau 3).
- Actuellement, aucun État n'exige d'immatriculation pour le Segway, contrairement au « véhicule à moteur » qui doit être immatriculé avant tout usage sur la voie publique.

Aucune réglementation ne fait allusion à la formation du Segway HT vivement recommandée par le manufacturier.

L'étude menée par le CEVEQ nous a également permis de constater que certaines villes, conformément à la législation nationale qui confère aux autorités locales l'option de décréter des lois additionnelles au sujet de l'utilisation du Segway HT, ont carrément interdit son usage sur les trottoirs.

---

[16] Le Insurance Institute for Highway Safety publie régulièrement sur son site Web un état des lieux de l'évolution de la réglementation du Segway aux États-Unis. www.hwysafety.org

C'est le cas de la ville de San Francisco (776 733 habitants) qui a été la première ville américaine à interdire sur l'ensemble de la ville et du comté l'usage du Segway sur les trottoirs, les stations de transport, les pistes cyclables et sur tout autre endroit destiné aux piétons et cyclistes. Le Segway HT est aussi interdit sur les trottoirs à La Mirada (47 000 habitants), une banlieue de Los Angeles, en Californie; dans certaines gares et trottoirs de la ville de Washington, ainsi que dans certaines banlieues du Maryland et de la Virginie.

La ville de Pasadena, en Californie, est aussi en train d'évaluer la possibilité d'interdire le Segway dans des zones commerciales. Avec une population de 136 237 habitants, la ville de Pasadena est située à seulement quinze minutes de Los Angeles.

La ville de New York a récemment annoncé qu'elle envisageait prolonger l'interdiction des scooters motorisés, y compris du Segway, dans des points de vente, de location et son utilisation dans les espaces privés. Actuellement, la loi interdit l'utilisation de tels dispositifs seulement dans les endroits publics. La mesure envisagée pourrait prévoir une pénalité maximale comportant une amende de 1 000 $US et une peine de 15 jours de prison pour les individus qui continueraient à vendre ou à louer ces dispositifs ainsi qu'une amende de 500 $US et une saisie pour ceux qui utiliseraient illégalement ces appareils.

La plupart du temps, les lois et règlements municipaux se fondent sur les craintes des éventuels risques de collision entre l'appareil et les piétons, mais aussi sur les pétitions et inquiétudes soulevées par des groupes représentant des piétons, des personnes âgées, des handicapés, des consommateurs ou des experts en santé publique. En effet, la revue de la littérature nous a permis de constater que les ordonnances interdisant le Segway ne contiennent pas d'informations ni de références à des statistiques sur les dommages et blessures causés par le Segway, encore moins des données sur la sécurité des usagers des trottoirs ou sur un test de démonstration et d'intégration du Segway, pour justifier la décision d'interdire l'engin. En effet, certaines interdictions mentionnent tout simplement qu'il est essentiel de promouvoir et d'assurer la sécurité des piétons.

3.2.1.2 Cadre réglementaire du Segway en Europe

En Europe, les véhicules équipés de deux ou de trois roues sont régis par la Directive 92/61 EEC. Cette directive s'applique uniquement aux véhicules faits pour voyager sur la route. Le Segway, étant équipé de deux roues et conçu notamment pour l'usage sur les trottoirs, ne tombe donc pas sous cette directive ni sous toute autre réglementation de l'Union européenne sur les véhicules à moteur[17].

Le Segway a déjà fait son entrée dans un certain nombre de pays européens. Mis à part la France, le Segway a fait son entrée en Hongrie, en Italie, en Grande-Bretagne et en Belgique. Dans ces trois derniers pays, le processus réglementaire autorisant l'utilisation du Segway sur les trottoirs est encore en cours[18].

En France, conformément à l'avis exprimé par la Commission européenne le 12 juillet 2002, le Segway n'est pas considéré comme un véhicule et reste donc soumis aux règles du Code de la route relatif aux piétons (articles R. 412-34 à R. 412-43)[19]. En conséquence, son utilisation ne pourrait éventuellement se faire dans les agglomérations que sur les trottoirs et les aires piétonnes sous réserve que cet engin circule à l'allure du «pas», c'est-à-dire à une vitesse maximale de 6 km/h et ce, afin de respecter ces espaces qui sont dédiés aux piétons.

---

17 *The EC position on the application of Directive 92/61 EEC to the Segway HT*. Lettre du European Commission Entreprise Directorate-General's, à Segway LLC, juillet 2002.

18 Stephan DePenasse, International and Regulatory Affairs, Segway LLC.

19 Direction de la sécurité et de la circulation routière, Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer.

TABLEAU 3
Les exigences réglementaires inter États liées à l'utilisation du Segway HT – É.-U.

États	Admis sur les trottoirs et pistes cyclables	Admis sur la route	Port du casque obligatoire	Limite d'âge	Lois régissant piétons s'appliquent
Alabama	Trottoirs et pistes cyclables	Oui	–	–	–
Alaska	Trottoirs et pistes cyclables	Oui	Non	–	–
Arizona	Trottoirs	Oui, s'il n'y a pas de trottoirs	Non	16	Oui
Arkansas	–	–	–	–	–
Californie	Trottoirs et pistes cyclables	Oui	Non	–	Oui
Caroline du Nord	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, sur les routes de 40 km/h et moins	Non	–	Oui
Caroline du Sud	Trottoirs	Oui, s'il n'y a pas de trottoirs	Non	–	–
Colorado	–	–	–	–	–
Connecticut	Trottoirs	Non	Non	16	–
Dakota du Nord	–	–	–	–	–
Dakota du Sud	Trottoirs	–	Non	–	Oui
Delaware	Trottoirs et pistes cyclables	Oui sur routes de 48 km/h et moins	Moins de 16 ans	–	–
District de Columbia	Trottoirs	–	Non	16	–
Floride	Trottoirs et pistes cyclables	Oui sur routes-de 40 km/h et moins	Moins de 16 ans	–	–
Georgie	Trottoirs	Oui sur les routes de 55 km/h et moins	Moins de 16 ans	16 sur les routes	Oui
Hawaii	–	–	–	–	–
Idaho	Trottoirs	–	Non	–	Oui
Illinois	Trottoirs	Oui	Non	–	Oui
Indiana	Pistes cyclables	Oui	Non	–	–
Iowa	Trottoirs et pistes cyclables	Non	Non	16	–
Kansas	Trottoirs	Oui	Non	?	Oui
Kentucky	–	–	–	–	–
Louisiane	–	–	–	–	–
Maine	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, sur les routes de 55 km/h et moins, s'il n'y a pas de pistes cyclables et de trottoirs	Non	–	–
Maryland	Trottoirs	Oui, sur les routes de 48 km/h et moins, s'il n'y a pas de trottoirs	Moins de 16 ans	–	–
Massachusetts	–	–	–	–	–
Michigan	Trottoirs	Oui, sur les routes de 40 km/h et moins	Non	–	–
Minnesota	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, sur les routes de 55 km/h et moins, s'il n'y a pas de trottoirs	Non	–	Oui
Mississippi	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, partout où les vélos sont permis	Non	–	–
Missouri	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, sur les routes de 70 km/h et moins	Non	16	Oui
Montana	–	–	–	–	–
Nebraska	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, excepté sur les autoroutes et les routes inter États	Non	–	–
Nevada	Trottoirs et pistes cyclables	–	Non	–	Oui

États	Admis sur les trottoirs et pistes cyclables	Admis sur la route	Port du casque obligatoire	Limite d'âge	Lois régissant piétons s'appliquent
New Hampshire	Trottoirs	Oui	Non	–	–
New Jersey	Trottoirs et pistes cyclables	Oui	Oui	16	–
New York	–	–	–	–	–
Nouveau-Mexique	Trottoirs et pistes cyclables	Oui	Non	–	Oui
Ohio	Trottoirs, sauf si réservés à l'usage exclusif des piétons ou vélos	Oui, sur les routes de 80 km/h et moins	Moins de 18 ans	14	–
Oklahoma	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, dans les rues municipales	Non	16	Oui
Oregon	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, sur les routes de 55 km/h et moins	Non	–	–
Pennsylvanie	Trottoirs, sauf si interdit par juridiction locale	Oui, sauf sur autoroute	Moins de 12 ans	–	–
Rhode Island	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, sauf si les vélos sont interdits sur la route	Non	16	–
Tennessee	Trottoirs et pistes cyclables	Oui	Non	–	–
Texas	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, sur les routes de 48 km/h et moins et s'il n'y a pas de trottoirs	–	–	–
Utah	Trottoirs	Oui, sur les routes de 55 km/h et moins et ayant moins de 4 voies	Moins de 18 ans	16	–
Vermont	Trottoirs et pistes cyclables	Non	Non	16	Oui
Virginie	Trottoirs, sauf si interdit par juridiction locale	Oui sur les routes de 40 km/h et moins et s'il n'y a pas de trottoirs	Moins de 15 ans	14	–
Virginie occidentale	Trottoirs	Oui	Non	–	Oui
Washington	Trottoirs et pistes cyclables	Oui, mais pas sur les routes contrôlées	Non	–	–
Wisconsin	Trottoirs, sauf si interdit par juridiction locale	Oui, toutefois la municipalité peut les interdire sur centaines routes ou sur des routes de 40 km/h et plus	Non	–	Non
Wyoming	–	–	–	–	–

Source : Insurance Institute for Highway Safety, décembre 2003

3.2.1.3 État de la réglementation du Segway au Canada

Au Canada, selon la *Loi sur la sécurité des véhicules automobiles*, Transports Canada est responsable d'établir des normes de sécurité pour les véhicules à moteur manufacturés ou importés au Canada pouvant être utilisés sur les routes. Comme le Segway n'est pas un véhicule moteur destiné à un usage routier, il ne tombe pas sous la juridiction de Transports Canada. Il appartient donc aux provinces de décider de l'avenir du Segway sur les voies publiques.

De façon générale, selon les lois et règlements provinciaux concernant les véhicules automobiles, les trottoirs font partie intégrante de la voie publique, les mêmes lois et règlements s'appliquent donc aux véhicules pouvant circuler sur les trottoirs. Sans avoir fait une vérification auprès des autorités de chacune des provinces, il est présumé que le Segway est considéré comme un véhicule motorisé. Le Segway ne répond pas aux exigences (éclairage, freinage ou autres) d'aucune catégorie de véhicule déjà définie dans les règlements, il est donc non conforme et interdit de circuler sur la route et les trottoirs. C'est le cas au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique.

Des discussions ont été entreprises avec les gouvernements du Québec et de l'Ontario pour permettre une expérimentation du Segway sur les voies publiques (trottoirs et accotements de route).

3.2.2 La trottinette électrique

3.2.2.1 Statut de la trottinette électrique au Canada

À l'heure actuelle, la trottinette électrique ne fait l'objet d'aucun cadre réglementaire défini par la *Loi sur la sécurité des véhicules automobiles*. La plupart des trottinettes électriques sont considérées par Transports Canada comme des motocyclettes à usage restreint (MUR)[20]. *La Loi sur la sécurité des véhicules automobiles* définit la motocyclette à usage restreint comme un véhicule, y compris un véhicule tout terrain conçu principalement pour les loisirs, à l'exclusion d'une bicyclette assistée, d'un véhicule de compétition et d'un véhicule importé temporairement à des fins spéciales, qui, à la fois a un guidon; est conçu pour rouler sur au plus quatre roues en contact avec le sol; ne comporte pas de partie intégrante du véhicule renfermant le conducteur et son passager, ceux-ci n'étant protégés que par la partie du véhicule située devant le torse du conducteur et par le dossier du siège; porte une étiquette dans les deux langues officielles, apposée en permanence et bien en évidence, indiquant que le véhicule est une motocyclette à usage restreint ou un véhicule tout terrain et qu'il n'est pas destiné à être utilisé sur les chemins publics.

Chaque province et chaque territoire a le droit d'établir des règlements sur l'utilisation hors route de ce véhicule ainsi que des normes de sécurité additionnelles et des exigences en matière de permis et d'immatriculation.

Au Québec, l'Assemblée nationale a interdit en date du 21 juin 2001 la circulation de toutes trottinettes motorisées sur la voie publique. L'usage de la trottinette sans moteur est cependant autorisé au Québec, mais celle-ci doit être munie d'au moins un réflecteur ou un matériau réfléchissant blanc à l'avant. De plus, la trottinette doit être équipée d'un réflecteur ou d'un matériau réfléchissant rouge à l'arrière et sur chaque côté de la trottinette, le plus près possible de l'arrière[21].

En Colombie-Britannique, la BC's Motor Vehicle Act[22] considère la trottinette électrique comme un véhicule à moteur, mais ne satisfaisant pas aux normes provinciales de sécurité d'équipement pour un usage sur la route. La Insurance Corporation of British Columbia précise que la trottinette électrique est interdite sur les trottoirs.

3.2.2.2 Cadre réglementaire aux États-Unis

Aux États-Unis, la trottinette électrique n'est pas régie par la loi fédérale[23]. La recrudescence des dommages liés à l'utilisation de la trottinette en général a toutefois conduit à adopter des lois et à imposer des restrictions sur son utilisation. Ces lois varient d'un État à un autre. La majorité des États américains ne permettent pas l'usage des trottinettes électriques sur les voies publiques et les trottoirs[24]. Dans certains cas, les lois exigent l'utilisation d'un équipement de sécurité tels que des casques ou des protections supplémentaires comme des genouillères, des coudières et des protège poignets.

---

20 Division *Application des règlements sur la sécurité des véhicules*, Transports Canada. Lire aussi l'avis publié par Santé Canada www.hc-sc.gouv.ca

21 Avis de la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ)

22 ICBC-Insurance Corporation of British Columbia. www.icbc.com

23 www.electric-scooters-electric-scooters.com/guides_More-Scooter-Information.htm

24 Idem

Selon l'American Academy of Pediatrics, il y a seulement quatre États aux États-Unis qui disposent de lois régissant la trottinette. La Californie et l'Oregon sont les deux États qui possèdent des réglementations qui autorisent l'utilisation de la trottinette électrique. Dans l'État de Washington, les trottinettes électriques sont considérées comme illégales sur les rues et les trottoirs. Dans la Ville de Seattle cependant, les lois municipales stipulent que les trottinettes électriques peuvent être utilisées sur des pistes cyclables et des voies d'accès comme des ruelles aussi longtemps que la limite de vitesse n'est pas supérieure à 40 km/h. Elles les interdisent toutefois dans les gares et les stations de transport ainsi que sur les voies des parcs publics et sur les trottoirs.

En Californie, la loi définit «une trottinette motorisée» comme un dispositif à deux roues possédant un guidon et propulsé par un moteur électrique ou par une source d'énergie autre que la force humaine. Voici quelques exigences formulées dans le California Vehicle Code[25] concernant la trottinette motorisée :

- Aucun permis de conduire n'est exigé;
- Pas d'immatriculation nécessaire;
- La limite d'âge est fixée à 16 ans;
- Le port du casque est obligatoire;
- Il est interdit de rouler sur le trottoir, sauf pour entrer ou sortir d'une propriété adjacente;
- Autorisée sur les pistes cyclables;
- Vitesse maximale autorisée de 24 km/h;
- Sur des routes sans voies dédiées aux vélos, le véhicule est accepté dans les zones où la limite de vitesse est de 40 km/h ou moins;
- Il est interdit de faire monter un passager sur la trottinette;
- Aucun bagage ou objet qui empêche l'utilisateur d'avoir au moins une main sur le guidon ne peut être transporté;
- Le port d'habits et d'équipements appropriés en cas d'usage nocturne est obligatoire.

3.2.2.3 Tour d'horizon des autres réglementations dans le monde

Certains pays ont mis en place des dispositions sur l'utilisation de la trottinette, visiblement afin de mettre un terme à des incertitudes entourant le statut des utilisateurs de cette nouvelle forme de mobilité. Ces dispositions entendent modifier les mentalités et les comportements des divers usagers, de manière à organiser un partage équilibré de l'utilisation de la voie publique. Les différentes réglementations se focalisent sur les planches à roulettes, les patins à roues alignées et, de façon générale, sur la trottinette.

Belgique

La loi impose aux utilisateurs de la trottinette âgés de plus de 16 ans l'obligation d'utiliser un passage pour cyclistes lorsqu'il existe[26]. À défaut de pistes cyclables, ils doivent emprunter le bord droit de la chaussée lorsque la vitesse est limitée à 30 km/h, le bord droit de la chaussée ou du trottoir ou de l'accotement lorsque la vitesse est limitée à 50 km/h. Sur les voies publiques situées à l'extérieur des agglomérations, ils doivent circuler sur les trottoirs ou les accotements quand ils sont praticables, à défaut, sur le bord droit de la chaussée, sur les autres voies publiques. En agglomération, en l'absence de trottoir ou d'accotement, l'usage de cet engin est interdit.

---

25 www.leginfo.ca.gov

26 Arrêté royal du 4 avril 2003 modifiant l'arrêté royal du 1er décembre 1975 portant sur le règlement général sur la police de la circulation routière.

France

En France, la trottinette équipée d'un moteur, qu'il soit électrique ou thermique, pour pouvoir circuler sur les voies ouvertes à la circulation publique doit être catégorisée comme un «véhicule» et à ce titre avoir été «réceptionnée»[27], c'est-à-dire homologuée. Lors d'un contrôle routier, si la personne ne peut pas fournir le certificat de conformité communautaire correspondant au véhicule, remis par le constructeur ou son représentant accrédité en France, cela signifie que la trottinette à moteur n'est pas un véhicule. Son utilisateur est alors en infraction[28].

L'article R412-34 du Code de la route stipule cependant que la circulation de tous véhicules à deux roues conduits à la main est tolérée sur la chaussée. Dans ce cas, les conducteurs sont tenus d'observer les règles imposées aux piétons.

Australie

L'utilisation de la trottinette électrique en Australie est réglementée par les Australian Road Rules. Toutefois, selon la puissance du moteur, la réglementation peut varier d'un État à un autre à cause de différentes interprétations au sujet de la catégorie exacte à laquelle appartient la trottinette électrique[29].

Si une trottinette est équipée d'un moteur dont la puissance est inférieure à 200 watts, elle est considérée par la loi australienne comme une bicyclette et elle est autorisée. Les trottinettes d'une puissance supérieure à 200 watts sont considérées comme des véhicules à moteur. Cependant, elles ne se conforment pas aux règlements sur les véhicules à moteur et ne sont donc pas autorisées sur les routes et sur toute autre voie où le public a accès.

Dans les différents États, les réglementations sont similaires aux lois fédérales australiennes, à l'exception des États de l'Australie occidentale et du Territoire du Nord qui n'ont pas de loi concernant cet ATPM. Dans l'État de Tasmanie, il est illégal de rouler en trottinette à moteur, excepté sur une propriété privée. Dans l'Australie du Sud, la trottinette motorisée doit être immatriculée parce qu'elle est considérée comme un véhicule à moteur par la Motor Vehicle Act de l'Australie du Sud. Son utilisation est interdite la nuit et son conducteur doit avoir un permis de conduire, doit porter un casque protecteur et la trottinette doit posséder un klaxon. Dans l'État du Queensland, l'utilisateur doit être âgé de 16 ans ou plus. Si la trottinette possède un siège, l'utilisateur doit avoir un permis de conduire.

3.2.3 Des accidents reliés à l'utilisation des ATPM

3.2.3.1 Segway

Étant donné que l'introduction sur le marché du Segway demeure relativement récente (2001-2002), nous ne disposons pas de statistiques concernant l'accidentologie liée à l'utilisation de cet ATPM.

---

27 La Directive 92/61/CEE de l'Union européenne définit le mot «réception» par : l'acte par lequel un État membre constate qu'un type de véhicule satisfait aussi bien aux prescriptions techniques des directives particulières qu'aux vérifications de l'exactitude des données du constructeur.

28 www.securiteroutiere.gouv.fr

29 Road Transit Authority

À ce jour, aucun cas d'accident mortel relié à l'utilisation du Segway aux États-Unis et ailleurs dans le monde n'a encore été identifié ni signalé, selon les informations recueillies auprès de divers organismes dont le Center for Injury Research and Policy[30] (CIRP), l'American Academy of Pediatrics[31] (AAP) et l'Insurance Institute for Highway Safety[32] (IIHS).

Certains incidents dont ceux à l'origine du rappel des Segway HT sont toutefois à signaler. En effet, la US Consumer Product Safety Commission (Commission de surveillance des produits de consommation) qui, conjointement avec Segway LLC avait ordonné le rappel de tous les appareils vendus, nous a transmis un des rapports liés aux incidents avec le Segway. La US Consumer Product Safety Commission (CPSC) dit être en possession de deux autres rapports d'incidents[33], mais ne peut encore les rendre publics parce qu'ils ne sont pas confirmés par le plaignant et aucune investigation n'a encore été menée sur ceux-ci.

Le rapport dont nous avons reçu copie comprend une description épidémiologique et une documentation sur le Segway. Sans nécessairement déterminer la cause de l'incident, la CPSC, à travers ses systèmes d'investigation, voulait préciser à quel moment le produit est associé aux blessures, à une quelconque maladie ou à la mort. La CPSC a interrogé les personnes impliquées ainsi que les témoins de l'incident.

Synthèse d'un incident

La victime de l'incident survenu le 2 mai 2002 est un homme âgé de 43 ans, membre de *Ambassador Force*, un groupe chargé de la sécurité au centre-ville d'Atlanta. L'accident est arrivé alors qu'elle patrouillait sur son Segway. L'homme avait perdu le contrôle de son appareil sur le trottoir et est ensuite tombé, alors qu'il essayait de négocier un virage. La victime a été transportée dans un hôpital pour fractures au genou ainsi qu'au tibia et avait subi deux interventions chirurgicales pour ses blessures. Le *Human Transporter* avait été retiré et envoyé au manufacturier pour évaluation et ensuite remis en service. L'homme avait suivi et complété en avril 2002 une formation sur le Segway dont le but est d'enseigner les bases fondamentales pour rouler en Segway. Il était censément en bonne santé et n'a jamais eu de problèmes mentaux ou physiques. Il mesurait 1,89 m et pesait 106 kg, n'était pas en état de fatigue ou sous l'influence de l'alcool ou de la drogue. En moyenne, la victime pouvait être sur son Segway pour approximativement deux heures. Cet accident est considéré comme le premier impliquant un Segway.

Le rappel effectif des Segway HT

Fin septembre dernier, le manufacturier du Segway (Segway LLC) et la CPSC, ont conjointement annoncé un rappel volontaire de chacun des 6 000 Segway vendus de mars 2002 à septembre 2003 pour une mise à jour de logiciel. Il s'agit de tous les modèles des séries i, e et p dont les numéros de série sont entre 022111000001 et 032361005500.

Ce rappel survient à la suite des trois rapports sur des personnes qui sont tombées de leur appareil dont un fait état d'une personne qui avait été grièvement blessée à la tête.

Segway LLC précise que cela peut arriver dans «certaines conditions de fonctionnement, en particulier quand les batteries sont près de la fin de l'autonomie». Le manufacturier de l'ATPM ajoute que ceci peut se produire si

---

30 Le CIRP se spécialise à l'échelle internationale dans des activités de recherche afin de réduire les risques mortels ou d'incapacité provoqués par des dommages.

31 Le AAP qui compte approximativement 57 000 membres aux États-Unis, au Canada et en Amérique latine cherche à garantir une bonne santé physique, mentale et un bien-être aux enfants, aux adolescents et aux jeunes adultes.

32 Le IIHS est une organisation sans but lucratif qui pendant plus de 30 années a été un chef de file dans la recherche de solutions visant a prévenir les accidents et dommages associés aux véhicules.

33 Todd Stevenson. Director, Office of the Secretary. US Consumer Product Safety Commission.

l'utilisateur accélère abruptement, rencontre un obstacle, ou continue à rouler après réception du signal d'alerte de batterie faible.

Segway LLC rappelle toutefois aux utilisateurs que, malgré la mise à niveau de logiciel, les techniques d'utilisation décrites dans les manuels de Segway HT sont essentielles à la sécurité.

Ceci n'est pas sans rappeler quand le président américain George Bush a failli tomber du Segway l'été dernier lors d'une visite à Kennebunkport, dans le Maine[34]. Le président, qui était resté sur ses pieds, a été obligé de sauter de la machine tombée devant lui, afin d'éviter une chute. Le premier président des É.-U. à essayer le *Human Transporter* aurait supposément oublié de l'allumer ainsi, les gyroscopes n'ont pas pu assurer automatiquement l'équilibre.

Certaines inquiétudes sur les aspects sécuritaires liés à la vitesse et à la manœuvrabilité du Segway ont ralenti l'élan de la campagne visant à faire circuler les Segway sur les trottoirs. Ces craintes sont principalement soulevées par les groupes représentant des piétons, des enfants, des personnes âgées, des handicapées, des consommateurs et des experts en santé publique.

Plusieurs regroupements ont exprimé leurs inquiétudes quant aux éventuels risques de collision entre les Segway et les piétons et ont réclamé des essais intensifs en milieu urbain ainsi que la compilation de données suffisantes sur l'utilisation sécuritaire des ATPM :

- En 2002, l'American Academy of Pediatrics (AAP) avait demandé au Congrès de considérer les risques potentiels de blessures que peuvent causer les scooters motorisés, incluant le Segway, avant d'envisager toute réglementation fédérale qui autoriserait l'usage de ces engins sur les trottoirs. L'organisation soutient que les enfants, les personnes âgées et les personnes vivant avec des facultés affaiblies constituent les groupes les plus à risque.
- Dans ses lettres adressées aux membres du comité Environnement et Travaux publics du Sénat américain, la Consumer Federation of America recommande que les questions liées à la sécurité concernant l'utilisation du Segway soient analysées par le Congrès avant que ce «véhicule» soit admis sur les trottoirs.
- L'American Council of the Blind (ACB) déplore que l'on ait pas fait suffisamment attention à la sécurité de personnes aveugles et certains autres types de piétons. La problématique pour cette catégorie de piétons est complexe d'autant qu'ils ne peuvent voir et, de ce fait, juge la fluidité du trafic par le bruit. Le regroupement affirme que le Segway étant silencieux et n'émettant quasiment pas de bruit, il pourrait éventuellement constituer un danger potentiel d'autant plus qu'il n'est pas équipé d'un klaxon.

Les pressions exercées par les groupes représentant des piétons, des enfants, des personnes âgées, des handicapés, des consommateurs, des personnes aveugles et des experts en santé publique sur la présence du Segway sur les trottoirs, les pistes cyclables ou toute autre voie dédiée aux piétons reposent sur les préoccupations suivantes :

- Le port de casque obligatoire : Pour éviter des éventuelles blessures dues aux chutes, certaines organisations déplorent que le port de casque ne soit pas obligatoire aux utilisateurs du Segway ou à un groupe d'utilisateurs (jeunes utilisateurs). Sur le site Internet du Segway, on peut même voir des photos de certains utilisateurs portant des casques;
- L'âge minimum pour les utilisateurs;
- Le malaise et l'incommodité : Face au Segway sur les trottoirs et aux risques d'accidents, les piétons pourraient être tentés de laisser le trottoir au Segway;

---

[34] www.bbc.uk, www.cnn.com, www.ustoday.com

- Combien de Segway peuvent-ils rouler en même temps sur le trottoir sans créer de malaise aux piétons?
- L'immatriculation ou non du Segway;
- Les limites de vitesse, en prenant en compte le trafic pédestre et les heures de pointe;
- Les conducteurs aux permis de conduire suspendus ou révoqués peuvent-ils être autorisés à rouler en Segway?
- Faudrait-il assurer[35] le Segway?
- Les risques et dommages potentiels sur les piétons «vulnérables» (enfants, personnes âgées, aveugles, personnes à mobilité réduite) : la problématique pour les personnes aveugles est complexe d'autant qu'ils ne peuvent voir et, de ce fait, jugent la fluidité du trafic par le bruit. Le Segway pourrait constituer un danger potentiel parce qu'il n'est pas doté de klaxon;
- Expérimenter le Segway dans un nombre de lieux limités, afin d'en évaluer les conséquences en termes d'accidentologie;
- La sécurité des utilisateurs du Segway : casques, réflecteurs, restrictions liées à l'âge : le récent rappel de 6 000 Segway survient à la suite des trois rapports sur des personnes qui sont tombées de leur appareil dont une personne grièvement blessée à la tête quand les batteries étaient faibles. Aucun de ces rapports n'a encore été rendu public. La visibilité de nuit n'est pas assurée en Segway, d'autant que l'engin n'est pas doté de phares ou de réflecteurs. La science de la prévention de dommages indique que doter un engin des dispositifs de sécurité à la conception est plus efficace que l'obligation imposée à l'utilisateur de se munir, à chaque fois que cela est nécessaire, de son équipement[36].
- Plus d'expertise dans les domaines telles que la circulation, la sécurité des piétons et les incidences sur l'environnement;
- Des données sur les performances de freinage du Segway face à une collision;
- Des statistiques sur les tests de collision Segway – piétons : aucune donnée ou expérience n'est actuellement disponible sur les accidents typiques avec des véhicules, avec des piétons, avec des bicyclettes, avec les objets fixes ou avec d'autres Segway. Comme l'utilisateur est un peu élevé du niveau du sol, il n'y a pas de rapport sur les éventuelles collisions avec les entrées de portes ou les branches d'arbre;
- La probabilité d'accidents entre utilisateurs de Segway;
- L'espace déjà limité des trottoirs : le trottoir est aussi le lieu prédestiné où évoluent les utilisateurs d'engins à roulettes comme les planches à roulettes sans compter les cyclomoteurs et les vélos de plus en plus nombreux sur les voies piétonnières. Dans ces endroits, ce sont, avant tout, les piétons qui, de plus en plus, sont heurtés par les usagers des engins mentionnés (nouvelles formes de mobilité). Et ici encore, ce sont avant tout des personnes âgées qui sont concernées ainsi que des enfants qui ont parfois des mouvements inattendus;
- La raison d'être des trottoirs est la séparation des piétons de la circulation motorisée;
- Nuisance à la santé : le taux d'obésité augmente du fait que l'automobile remplace la marche, le vélo et les autres activités physiques associées à la marche[37];
- Les trottoirs souvent denses dans certaines villes pourraient ne pas être appropriés pour le Segway;
- Une réglementation non confuse et plus claire : selon les États et les juridictions, le Segway est soumis à des exigences et restrictions précises.

---

35 Aux É.-U., la compagnie d'assurance *Progressive* a été la première à offrir ses services d'assurance aux propriétaires de Segway HT. *Progressive* offre trois types d'assurance dont la pleine assurance. Actuellement; aucune réglementation n'exige que le Segway soit assuré avant d'emprunter les trottoirs. www.progressive.com

36 Gary Smith, director, Center for Injury Research and Policy, www.injurycenter.org

37 L'obésité a été à l'origine de 400 000 décès en 2000 aux États-Unis. Ces chiffres annoncés par le Centre de contrôle et de prévention des maladies (CDC) mettent en valeur une progression très rapide, ces dernières années, des conséquences de l'obésité sur la santé des Américains. En dix ans, l'obésité a provoqué 100 000 décès supplémentaires aux États-Unis. *Journal of American Medical Association*, October 1999. www.walksf.org

3.2.3.2 Trottinette manuelle et trottinette motorisée dont électrique

Canada

Au Canada[38], les blessures associées aux trottinettes touchent le plus souvent des enfants de 8 à 13 ans (76,4 %). Près des deux tiers (65,9 %) des blessés sont des garçons. Près de la moitié (47,2 %) de toutes les blessures ont eu lieu entre 16 h et 19 h 59.

En se fondant sur la première des blessures indiquées pour chaque cas (sur un nombre de blessures pouvant aller jusqu'à trois), près du tiers étaient des fractures des membres supérieurs (30,2 %); les fractures de l'avant-bras représentaient 15,4 % de toutes les blessures. Dans la salle des urgences, près de la moitié des sujets blessés (47,2 %) ont reçu un traitement exigeant un suivi médical, et 4,6 % de ceux-ci ont été admis à l'hôpital.

Circonstances des accidents au Canada

Les blessures associées aux trottinettes sont survenues le plus souvent dans des endroits autres que la chaussée (67,2 %); plus du tiers de toutes les blessures se sont produites près d'un domicile (34,4 %). Dans la majorité des cas, c'est la perte de maîtrise de la trottinette qui est la cause de la blessure (59,0 %). La cause directe la plus fréquente est le contact avec une surface (79,0 %).

Il est important de noter que les blessures décrites ici ne concernent que la trottinette sans moteur et ne représentent pas toutes les blessures survenues au Canada, mais uniquement celles qui ont été soignées dans les services des urgences de 15 hôpitaux du réseau du Système canadien hospitalier d'information et de recherche en prévention des traumatismes (SCHIRPT). Les blessures subies par les personnes suivantes sont sous représentées : les adolescents plus âgés et les adultes, traités dans les hôpitaux généraux, les Autochtones et les personnes vivant dans des régions rurales. Les blessures mortelles sont également sous-représentées dans la base de données du SCHIRPT, car les données des services des urgences n'incluent pas les personnes qui sont mortes avant d'avoir pu être transportées à l'hôpital ni celles qui sont décédées après y avoir été admises.

Québec

Au Québec, la trottinette électrique étant interdite de circulation sur les voies publiques et piétonnes, il n'y a pas de statistiques au chapitre des accidents. Cependant, dans le Vieux-Port de Montréal, un service de location de trottinettes électriques est en place depuis quatre ans, et le président de la compagnie Zap Québec, Claude Rousseau, qui opère ce service, nous a révélé qu'il n'y avait pas eu d'accident.

Concernant la trottinette manuelle au Québec, 227 victimes d'accidents (de trottinettes) ont été recensées dans trois hôpitaux québécois entre mai 2000 et de décembre 2001[39]. Le nombre de blessés a augmenté durant la période considérée passant de 51 victimes pour les huit derniers mois de 2000 à 176 pour les douze mois de 2001. Plus de la moitié des blessés sont de sexe masculin (61 %) avec un ratio garçons/filles de 1,6. Près de la moitié des blessés sont âgés de 10-14 ans (47 %), suivi des 5-9 ans (41 %), des 15 ans et plus (8 %) et des moins de 5 ans (4 %).

Près de la moitié des traumatismes (47 %) sont survenus sur la voie publique, 8 % sur le trottoir, 15 % au domicile, 4 % dans un parc, 3 % à l'école. Dans 21 % des cas, le lieu de l'accident n'a pas été spécifié. Les circonstances qui

---

[38] Analyse de données effectuée par la Section des blessures (Santé Canada). Données tirées du Système canadien hospitalier d'information et de recherche en prévention des traumatismes (SCHIRPT), *Blessures associées...aux trottinettes sans moteur*, base de données du SCHIRPT, jusqu'en mai 2001. Tous âges, juin 2001 (305 dossiers).

[39] Bulletin épidémiologique hebdomadaire de l'Institut de veille sanitaire, n° 38/2002 du 17 septembre 2002

ont conduit à l'accident ayant causé des blessures concernent principalement une perte de maîtrise de la trottinette lors de son utilisation (86 %). Les collisions ne sont rapportées que dans 7 % des cas et il s'agit en majorité d'une collision avec un objet fixe. Les chutes de trottinette ne sont responsables que de 3 % des accidents et les autres circonstances (bris de la trottinette ou pincement lors du rangement) 2 %.

Les blessures les plus fréquentes sont les fractures (40 %), puis les contusions ou éraflures 16 %), les entorses ou foulures (16 %), les coupures (14 %) et les blessures mineures à la tête (6,4 %). La plupart des blessures surviennent aux membres supérieurs (48 %), puis à la tête, au visage et au cou (26 %), aux membres inférieurs (20 %) et au tronc (4 %). Seulement 12 % des victimes ont mentionné porter un casque de protection au moment de l'accident et une seule avait enfilé des équipements de protection aux articulations. Le casque était porté également par les filles et les garçons. La presque totalité des victimes (88 %) a été traitée avec un suivi médical au besoin, 4 % ont effectué un court séjour en observation au service d'urgence et 7 % ont été hospitalisées.

TABLEAU 4
Lieux des incidents liés à la trottinette – Canada

Lieu	Nbre (%) de cas
Autres que la chaussée	**205 (67,2)**
Au domicile du patient ou un autre domicile, ou à proximité	105 (34,4)
dans le jardin/la cour	35
dans l'allée de garage	16
sur le trottoir	12
autre endroit à l'intérieur d'une maison	12
autre endroit à l'extérieur d'une maison	8
endroit non précisé d'une maison	22
Loin du domicile	100 (32,8)
trottoir	52
parc public	20
école	14
autre endroit	14
Chaussée (route ou voie publique)	**83 (27,2)**
Lieu inconnu	**17 (5,6)**
Total	**305 (100,0)**

Source : SCHRIPT

États-Unis

Aux États-Unis, selon la US Consumer Product Safety Commission (CPSC)[40], 2 870 cas concernant des traumatismes liés à l'usage des trottinettes motorisées ont été rapportés pour les neuf premiers mois de 2001. L'année dernière, il y avait pour la même période 2 760 cas rapportés. En 2000, il y en avait 4 390 et 1 330 en 1999. Trente-neuf p. cent des cas concernent les enfants de plus de 15 ans. Les traumatismes les plus communs étaient les fractures, des lésions aux bras, aux jambes, aux visages et à la tête. La CPSC dit détenir des rapports sur trois décès liés à l'utilisation des trottinettes motorisées en 2001.

La CPSC indique aussi une hausse vertigineuse de 700 % du nombre de blessures associées à l'utilisation des trottinettes depuis 2000. Au total, 90 % des victimes de blessures étaient des enfants de moins de 15 ans. Selon la

[40] Scooter Data. www.cpsc.gov

CPSC, si les jeunes avaient porté des dispositifs de protection, ils auraient pu prévenir ou réduire la gravité de plus de 60 % de toutes les blessures.

Face à ces nombreux accidents, la CPSC a fourni une liste de recommandations portant essentiellement sur les aspects sécuritaires, dont le port du casque, la restriction de l'utilisation à des zones à faible circulation pédestre ou automobile et à relief peu accidenté. Pour sa part, l'American Academy of Pediatrics (AAP) avait demandé au Congrès de considérer les risques potentiels de blessures que peuvent causer les trottinettes motorisées, avant d'envisager toute réglementation fédérale qui autoriserait l'usage de cet engin sur les trottoirs. L'AAP invite également les législateurs à considérer de limiter l'âge des utilisateurs et à envisager le port obligatoire d'un casque protecteur et d'autres dispositifs de sécurité.

Selon le journal médical autrichien *Arzte Woche*, la direction des trottinettes, par nature très mobile, se révèle souvent incontrôlable, surtout sur des sols inégaux ou pavés, et l'adhérence des roues sur l'asphalte mouillé est très insuffisante. Outre les chutes, les trottinettes peuvent être dangereuses si les extrémités de leur guidon ne sont pas soigneusement enveloppées de caoutchouc ou d'un revêtement protecteur. Les accidents liés à l'utilisation de la trottinette à moteur ont aussi augmenté de façon importante en Autriche.

4 Les évaluations réalisées

Deux Segway et deux modèles de trottinettes électriques ont été mis à la disposition des utilisateurs durant la phase 1 du projet Fly-Trottel. Il s'agit des modèles Segway HT i 167 (série i), et Segway HT e 167 (série e). Quant aux trottinettes, les essais ont eu lieu sur deux trottinettes électriques de marque *Zappy* et sur un *Scorpion S-I*, une trottinette électrique de type scooter. Les Segway utilisés avaient déjà fait l'objet de mise à jour de logiciel reliée au rappel volontaire de Segway vendus entre mars 2002 et septembre 2003.

Les éléments d'études – techniques, ergonomiques et les essais en milieu contrôlé – cherchent à répondre à une série de questions portant sur les aspects sécuritaires, les utilisateurs, les applications potentielles ainsi que sur le transfert de mobilité que pourraient engendrer ces appareils de transport personnel motorisés.

Voici l'ensemble de ces questions. Elles sont regroupées en cinq grandes catégories, soit :

- Profil de l'utilisateur : les ATPM à l'étude sont-ils destinés à une catégorie de personnes en particulier (âge, sexe, occupation, etc.)? Quelles sont les catégories de personnes qui devraient s'abstenir d'utiliser ces appareils (personnes âgées, femmes enceintes, etc.)?
- Formation : une formation est-elle nécessaire pour l'utilisation adéquate et sécuritaire de ces ATPM ? Quel est le degré de complexité d'apprentissage de ces nouveaux appareils de transport individuel?
- Sécurité : les ATPM à l'étude sont-ils sécuritaires? Quels sont les aspects les moins sécuritaires et les aspects les plus sécuritaires? Quelles sont les améliorations que l'on pourrait apporter pour rendre ces appareils plus sécuritaires? Peut-on identifier des paramètres de normalisation (permis de conduire, port du casque protecteur obligatoire, réflecteurs de lumière, etc.)?
- Applications : pour quel type de mobilité ces ATPM sont-ils le plus adaptés (loisirs, se rendre au travail, déplacements de moins de trois kilomètres, etc.)?
- Transfert de mobilité : les ATPM étudiés dans le cadre de la première phase du projet Fly-Trottel sont-ils suffisamment performants et attirants pour générer un transfert de mobilité, notamment en ce qui concerne l'automobile? Favoriseraient-ils une diminution du nombre de véhicules à essence sur les routes et par conséquent, une réduction de la congestion urbaine et des effets néfastes qu'elle engendre?

4.1 Évaluations techniques du Segway

Les essais ont été réalisés chez PMG Technologies, le seul centre public d'essais pour véhicules automobiles au Canada, et un des plus complets en Amérique du Nord. Ils ont été effectués du 3 au 6 novembre 2003 à l'intérieur et à l'extérieur sur des surfaces aménagées.

Les essais du Segway ont porté sur cinq points visant à évaluer le comportement du Segway, soit :

- L'accélération maximale;
- La vitesse de pointe;
- Le freinage d'urgence;
- Les pentes;
- Les virages.

Pour chacun de ces éléments, trois paramètres ont été retenus :

- La température ambiante (température de laboratoire et température extérieure +5 °C);
- Surface d'essais (unie et mixte);
- Pression des pneus (pression égale et pression inégale).

La collecte des données à la suite des essais a porté sur les points suivants :

- Vitesse de pointe (avant/arrière);
- Accélération maximale – Décélération maximale;
- Pente ascendante maximale;
- Comportement en freinage d'urgence;
- Comportement sur pentes de différentes inclinaisons (montée/descente);
- Comportement, performances en basse température;
- Comportement en virage (différents rayons de braquage);
- Comportement avec pression des pneus inégale;
- Comportement sur surface mixte.

Vue du Segway HT instrumenté avec son conducteur

Protocole d'essais, généralités

Tous les essais ont été effectués par un seul conducteur, de grande taille, ayant utilisé l'appareil pendant une vingtaine d'heures avant les essais. Tous les essais ont été accomplis sur le mode haute vitesse (clé rouge) sur surface sèche seulement.

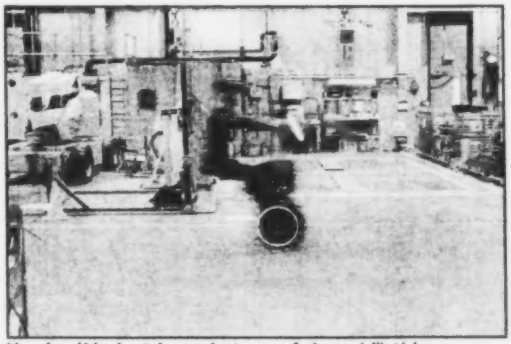
Résumé de l'évaluation technique

Cette section présente un résumé de l'évaluation technique réalisée par la firme PMG Technologies. Le rapport complet est disponible en communiquant avec le CEVEQ.

Les résultats de ces essais ont démontré qu'en situation normale d'utilisation, le Segway HT est stable, qu'il fonctionne «en douceur et sans à coups» et qu'il donne à l'utilisateur l'impression d'être en contrôle du véhicule.

Observations à la suite des essais de performance

La vitesse de pointe vers l'avant (20,5 km/h) est conforme aux spécifications (20 km/h). Le temps moyen d'accélération (0 à 20 km/h) est de 7,09 secondes. La distance moyenne de freinage (20 à 0 km/h) est de 5,21 mètres. La vitesse de pointe moyenne vers l'arrière est de 14,9 km/h.



Vue du véhicule et du conducteur en freinage à l'intérieur

Vue de coté du véhicule et du pilote montant une pente de 30°

De façon générale, le froid, un pneu dégonflé, une surface mixte ou toute combinaison de ces conditions dégradent les performances de l'appareil. Un élément positif à ce constat : un pneu dégonflé réduit la distance de freinage de 2 à 16 %. Lorsque toutes les conditions défavorables sont réunies, la vitesse de pointe diminue de 7 % et le temps d'accélération augmente de 69 %. À pression égale et sur surface unie, une diminution de 15 °C de la température ambiante entraîne une réduction de la vitesse de 4 %, une augmentation du temps d'accélération de 20 % et une augmentation de la distance de freinage de 9 %.

Comportement pendant les essais : accélération, vitesse de pointe, freinage

Gros plan du Segway montrant le pneu (à gauche) dégonflé

Les évaluations techniques menées par PMG Technologies ont démontré que :

- Pour tous les essais vers l'avant, le Segway HT est demeuré stable et l'utilisateur avait l'impression d'être en contrôle;
- La capacité de freinage de l'appareil «est étonnante» selon les évaluateurs;
- Lorsque l'un des pneus est dégonflé, l'appareil dérive d'un côté et le conducteur doit constamment corriger la direction afin de conserver une trajectoire rectiligne;
- Les essais ont démontré que l'appareil n'a pas été conçu pour être utilisé en marche arrière à grande vitesse;
- Dans les pentes, l'appareil est demeuré stable et le conducteur est demeuré en contrôle. Sur la pente la plus inclinée (36 %), l'appareil semblait atteindre ses limites de couple, d'adhérence et de confort. L'utilisateur a eu l'impression que l'appareil n'était plus aussi sécuritaire;
- Dans les virages, l'appareil est généralement demeuré stable pour les cercles de plus de 20 pieds de diamètre;
- Les essais semblent démontrer que l'efficacité des gyroscopes est diminuée par le froid[41] ou le fait de tourner en rond pendant un certain temps.

Conclusion

En utilisation normale, le Segway est très stable, fonctionne en douceur et sans à-coups, et donne l'impression d'être en contrôle. Il est facile à manœuvrer, accélère en douceur, roule silencieusement et peut s'arrêter rapidement en cas d'urgence. Le conducteur est immédiatement informé d'une perte de pression dans un pneu par une légère dérive de l'appareil du côté du pneu dégonflé.

L'appareil monte et descend facilement des pentes aussi abruptes que 36 %. Des virages avec des rayons de courbure aussi faibles que 15 pieds peuvent être négociés à pleine vitesse sans dérapage et en gardant le plein contrôle de l'appareil, à la condition de déplacer son poids vers l'intérieur de la courbe.

[41] La température extérieure lors des essais variait de 1 à 8 °C.

4.2 Évaluation ergonomique du Segway[42]

L'évaluation ergonomique du Segway a été effectuée par SHUMAC. L'objectif principal de cette évaluation ergonomique était de fournir un «avis basé sur des connaissances bien établies en ergonomie et portant sur divers aspects de l'utilisation sécuritaire du Segway». L'étude cherchait à identifier si des problématiques aiguës sont présentes lors de l'utilisation de cet ATPM.

L'évaluation ergonomique a porté sur trois points :

- Une étude comparative du Segway avec d'autres moyens de transport. Cette comparaison touchait surtout au niveau de difficulté relative de l'utilisation du Segway avec ces divers modes de transport (marche, cyclomoteur, vélo et automobile);
- Des observations lors de séances de formation et d'essais ont permis d'identifier certaines difficultés principales auxquelles les utilisateurs faisaient face;
- L'interface de l'utilisateur de l'appareil a été examinée en utilisant diverses normes et lignes directrices propres aux études en ergonomie. Le guidon et les indicateurs ont été plus spécifiquement étudiés lors de cette phase.

Ce chapitre présente les principales conclusions de l'étude réalisée par la firme SHUMAC.

En résumé, l'évaluation ergonomique a démontré que :

- Suite à une revue de la littérature, il ne semblait pas exister d'évaluation rigoureuse de l'ergonomie du Segway. À ce titre, l'étude ergonomique menée sur l'ATPM dans le cadre de ce projet serait une première;
- En général, les exigences de conduite du Segway ne semblent pas supérieures à celles d'autres types de moyens de transport individuels comme le vélo, le cyclomoteur ou l'automobile;
- La stabilité de l'appareil apparaît aussi supérieure à la plupart des autres véhicules comparés dans l'étude. Toutefois, la reprise en main de l'appareil suite à une perte de contrôle pourrait s'avérer plus difficile que pour les autres types de véhicules;
- Certains groupes d'utilisateurs peuvent faire face à des difficultés particulières, notamment les femmes enceintes et les personnes âgées;
- Le niveau de réponse sonore est insuffisant et certaines informations utiles ne sont pas affichées;
- Le délai entre une alarme (par exemple, une batterie à plat) et l'arrêt de l'appareil semble trop court;
- Monter et descendre de l'appareil requiert un peu d'entraînement, car le Segway tend à suivre les mouvements que l'utilisateur exécute sur le guidon;
- Une panne lors de la montée d'une pente raide pourrait être problématique pour l'utilisateur, entre autres à cause de l'impossibilité d'immobiliser l'appareil, de maintenir la stabilité de la plate-forme et la difficulté de descendre de l'appareil sur un plan incliné.

L'utilisation du Segway

L'évaluation ergonomique a démontré que le Segway est facile d'utilisation en situation normale, incluant lors du franchissement d'obstacles, pour un éventail très varié d'utilisateurs. L'appareil se compare d'ailleurs avantageusement avec d'autres types de véhicules, notamment au niveau de la stabilité, où il est d'ailleurs apparu supérieur à ce point de vue à un autre véhicule comme un vélo ou un cyclomoteur.

---

[42] Nous savons que les ergonomes de Postes Canada travaillent aussi sur le dossier. Les données ne sont toutefois pas encore disponibles.

L'utilisation semble très naturelle, sauf pour les changements de direction. Sur le Segway, les changements de direction sont effectués par l'entremise de la poignée gauche, ce qui peut causer parfois certains problèmes, notamment lors de réactions rapides ou inhabituelles au moment de situations inattendues.

Lors de l'utilisation du Segway dans des bâtiments et des lieux publics, les experts ont aussi constaté que l'encombrement de l'appareil est minimal. Il est comparable à une personne utilisant des béquilles ou tirant une valise sur roulettes.

Notons qu'une large majorité d'utilisateurs de l'étude estime que la charge de travail mental imposée par la conduite du Segway varie de faible à moyenne, ce qui se compare avantageusement par rapport au vélo, au cyclomoteur et à l'automobile.

L'évaluation par analogie ou analyse comparative

Une étude comparative de nature qualitative a été menée afin de positionner le Segway par rapport à d'autres types de transport individuels. Le tableau 5 montre les résultats d'une comparaison entre divers véhicules et le Segway. Pour chaque catégorie (par exemple, compréhension du fonctionnement), une évaluation qualitative a été produite, comparant chaque moyen de déplacement avec le Segway. Les valeurs prises pour ces évaluations qualitatives par les experts en ergonomie du projet Fly-Trottel sont :

++ Beaucoup mieux (ou beaucoup plus favorable, ou beaucoup plus facile) que le Segway.
\+ Un peu mieux (ou un peu plus favorable ou, un peu plus facile) que le Segway.
+/- À peu près comme le Segway.
\- Moins bien (ou moins favorable, ou moins facile) que le Segway.
-- Beaucoup moins bien (ou beaucoup moins favorable, ou beaucoup moins facile) que le Segway.
N/A La comparaison était non applicable ou trop peu pertinente

Résultats sur la stabilité à l'intérieur et à la limite de l'enveloppe d'utilisation

L'évaluation ergonomique tend à montrer que l'enveloppe d'utilisation du Segway, c'est-à-dire la région d'opération usuelle, est plus «grande» que celle d'un vélo, d'un cyclomoteur, voire même de l'automobile. Autrement dit, le Segway a été conçu pour prendre en charge de façon aussi automatique que possible des aspects de maintien de l'équilibre et donc de la stabilité de l'utilisateur, créant ainsi une enveloppe d'utilisation plus importante que pour les autres types de locomotion analysés.

Les experts en ergonomie considèrent donc que «l'utilisateur verra une transition relativement brusque quand le Segway sortira de son enveloppe d'utilisation normale. Cela laisse donc très peu de possibilités, et de temps, pour la reprise de contrôle d'un Segway qui serait sorti abruptement de l'enveloppe.» Le Segway, de par sa conception, tend ainsi à isoler l'utilisateur de son environnement immédiat, lui assurant un confort de mobilité, mais créant aussi un «éloignement» par rapport aux objets ambiants.

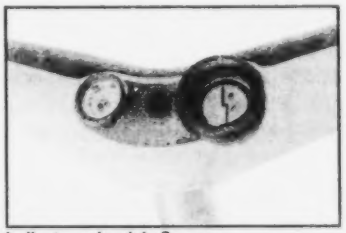
TABLEAU 5
Résultats d'une comparaison entre divers véhicules et le Segway

	Moyen de déplacement personnel[43]					
	Marche	**Cyclomoteur**	**Segway**	**Vélo**	**Voiture**	**Notes**
Compréhension du fonctionnement	N/A	+/-	+/-	+	-	On considère que la compréhension du fonctionnement est à peu près similaire pour le cyclomoteur et le Segway. Le vélo est plus simple d'apprentissage, tandis que la voiture a un degré de complexité élevé.
Apprentissage	N/A	-	+/-	-	--	On considère que le cyclomoteur et le vélo requièrent un apprentissage comparable. Ceux-ci requièrent plus de temps d'apprentissage que le Segway. La voiture demande un plus grand apprentissage encore, due à la complexité du véhicule.
Utilisation en situation normale	++	-	+/-	+/-	-	En situation normale, on considère que la marche est la plus naturelle, suivie par le Segway et le vélo; le cyclomoteur et l'automobile suivent.
Manoeuvrabilité	++	-	+/-	+/-	--	La marche permet le maximum de flexibilité, suivie par le Segway qui suit très facilement les différentes variations posturales; le vélo suit de près. Le cyclomoteur, de par sa masse et sa vitesse, semble moins facilement manoeuvrable; c'est davantage le cas pour l'automobile.
Cohabitation avec les piétons	++	--	+/-	-	--	Le cyclomoteur et la voiture ne cohabitent normalement pas avec les piétons. Le vélo peut parfois partager le territoire des piétons. Le Segway semble équivalent à une chaise roulante électrique.

Normes et évaluation de l'utilisabilité

Les études ergonomiques ont aussi permis d'évaluer si le Segway, du point de vue de son dimensionnement et de certaines de ces caractéristiques visuelles et techniques permet de bien accommoder divers types d'utilisateurs. On a donc évalué plus spécifiquement les aspects suivants :

- *Hauteur du guidon* : la hauteur du guidon est suffisante pour accommoder des utilisateurs d'une taille variant de celle d'une petite femme (une femme plus petite que 2,5 % des femmes, population américaine) à celle d'un très grand homme (un homme plus grand que 97,5 % des hommes, population américaine.)
- *Diamètre des poignées* : elles permettent le transport d'un poids de l'ordre du Segway, surtout lors du mode «assistance» (par lequel le Segway fournit une partie de la motricité requise quand on le transporte dans un escalier, par exemple).
- *Niveau de l'alarme sonore* : les alarmes sonores ne sont que marginalement efficaces sur le Segway.



Indicateur visuel du Segway

[43] Toutes les comparaisons ont été faites en prenant le Segway comme point de comparaison.

- *Indicateur visuel de l'état* : l'indicateur peut être difficile à lire dans un environnement ensoleillé et plusieurs codes de formes et de couleurs existent, rendant leur lecture difficile. Ces observations sont d'ailleurs corroborées par les travaux menés par des étudiants de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) en design industriel de système de transport. Ces travaux ont, entre autres, permis d'identifier des faiblesses au niveau des informations graphiques, qui apparaissent parfois confuses ou trop complexes .
- *Accélération et décélération* : La commande apparaît être très naturelle et ne semble pas poser de problèmes.
- *Direction* : la direction est assurée par la poignée gauche de l'appareil. Cette façon de contrôler la direction de l'ATPM est différente de celle qui est habituellement utilisée pour d'autres types de véhicules de transport individuel et l'appareil nécessite donc un certain apprentissage pour que les utilisateurs s'y habituent.
- *Délai avant inactivation* : le délai de 15 secondes avant que l'appareil ne se désactive en cas de panne est trop court. Dans un cas spécifique, et vraisemblablement rare (panne lors de la montée d'une pente raide), une panne du Segway pourrait être problématique pour l'utilisateur, entre autres à cause de l'impossibilité d'immobiliser l'appareil et de maintenir la stabilité de la plate-forme et la difficulté à descendre de l'appareil en toute sécurité.

Caractéristiques d'utilisateurs pouvant présenter des difficultés particulières

En plus des recommandations du fournisseur, l'étude ergonomique a identifié, sur la base de connaissances scientifiques, d'autres caractéristiques dont il est important de tenir compte :

- La plate-forme du Segway étant surélevée d'environ 21 cm (8 po) par rapport au sol, cela implique qu'une chute au sol a des conséquences plus graves que si elle survient pour une personne qui marche, à cause de l'énergie potentielle supplémentaire que procure cette surélévation. C'est d'autant plus le cas si on considère le fait qu'en général, on peut s'attendre à ce que le Segway soit en mouvement.
- Le maintien de l'équilibre est effectué de façon différente suivant l'âge de l'utilisateur. Le simple fait de se tenir debout sur une surface stable est une tâche qui a été l'objet de plusieurs recherches. On sait que le corps en équilibre est contrôlé par différents niveaux du système nerveux. Quand on sait que ce niveau est sollicité davantage chez les personnes les plus âgées, on comprend mieux le défi que peut représenter l'utilisation de ce type d'appareil chez elles.
- On peut aussi s'attendre à des défis particuliers chez les gens dont le centre de gravité est déplacé, par exemple les gens transportant des charges ou les femmes enceintes.
- Les gens souffrant de maladies pouvant affecter la qualité des informations proprioceptives (par exemple, neuropathie périphérique) devraient s'abstenir d'utiliser le Segway.
- Les gens souffrant de problèmes vestibulaires (labyrinthite, par exemple) ne devraient pas utiliser cet appareil.
- Une vision adéquate à la conduite de tout autre véhicule est nécessaire pour cet appareil.

Conclusion

En général, l'évaluation ergonomique a démontré que le Segway est facile d'utilisation en situations idéalisées, y compris lors du franchissement d'obstacles, pour un éventail très varié d'utilisateurs. Rappelons que les essais ont démontré que le Segway se compare avantageusement avec d'autres types de véhicules, notamment au niveau de la manoeuvrabilité, où il est d'ailleurs apparu supérieur sur ce point de vue à un autre véhicule comme un vélo ou un cyclomoteur.

En résumé, l'évaluation ergonomique a permis d'identifier un certain nombre de faiblesses, dont :

- Un niveau d'alarme sonore marginalement efficace;
- Des indicateurs visuels difficiles à lire dans un environnement ensoleillé et des codes de formes et de couleurs rendant l'interprétation des informations confuses;

- Un délai d'inactivation trop court en cas de panne;
- Dans un cas spécifique, et vraisemblablement rare (panne lors de la montée d'une pente raide), une panne du Segway pourrait être problématique pour l'utilisateur, entre autres à cause de l'impossibilité d'immobiliser l'appareil et de maintenir la stabilité de la plate-forme.

Elle a aussi permis d'identifier les utilisateurs qui devraient s'abstenir d'utiliser un Segway, soit :

- Les femmes enceintes;
- Les gens souffrant de maladies affectant leur proprioception;
- Les gens dont le centre de gravité est déplacé ou transportant des charges;
- Les gens souffrant de problèmes vestibulaires;
- Certaines personnes âgées;
- Les gens ayant une vision non adéquate à la conduite de tout autre véhicule.

4.3 Expérimentation auprès d'un groupe d'utilisateurs

Des critères de sélection ont été soumis au comité de suivi du projet Fly-Trottel pour le recrutement des participants. Ils devraient refléter les différentes composantes de la société. Après la sélection, les utilisateurs étaient convoqués pour recevoir une formation dite d'orientation d'une durée de quatre heures pour les Segway et d'une heure pour les trottinettes électriques.

Un total de 49 personnes a participé aux essais du Segway en milieu contrôlé et un total de 40 personnes aux essais de la trottinette électrique en milieu contrôlé, soit neuf de moins que pour le Segway. Ainsi, 18 % des utilisateurs n'ont pas été intéressés par les essais sur la trottinette électrique. Les raisons évoquées par les utilisateurs reposent surtout sur l'âge (plus de 65 ans) et l'intérêt général par rapport à un appareil perçu comme un «jouet» pour les plus jeunes.

Le choix des caractéristiques du groupe des utilisateurs, qui ont participé aux essais encadrés par le CEVEQ et un ergonome, a été déterminé sur une proposition au comité de suivi du projet Fly-Trottel. Ceux-ci devraient refléter les différentes problématiques à l'étude.

4.3.1 Caractéristiques des utilisateurs échantillonnés

Sexe. Soixante et un p. cent des utilisateurs sont des hommes et 39 % sont des femmes. Les hommes sont donc surreprésentés dans l'étude par rapport à la population en général. Un bon ratio eut été de l'ordre de 50 % d'hommes et 50 % de femmes;

Groupes d'âge. Les groupes d'âge étaient assez bien répartis. On retrouve ainsi 14 % de personnes âgées entre 16 et 20 ans, 24 % âgées entre 21 et 40 ans, 37 % âgées entre 41 et 60 ans, 6 % âgées entre 61 et 70 ans et 18 % âgées de plus de 71 ans. Les groupes d'âge reflètent assez bien celle de la population québécoise, nous pouvons les juger comme étant représentatifs;

Professions. En ce qui concerne la profession, les utilisateurs reflétaient une très large diversité puisque pas moins de 29 métiers différents étaient représentés. Ce large échantillon inclut des agents de bureau, des directeurs, des fonctionnaires, des représentants commerciaux, des techniciens, des ingénieurs ou encore des urbanistes et des policiers. Parmi les occupations qui ont été les plus fréquemment citées, mentionnons les retraités (24 %) et les étudiants (14 %);

Caractéristiques physiques. En ce qui concerne les caractéristiques physiques des utilisateurs, elles variaient évidemment. Toutefois, les données indiquent qu'il n'y a pas d'écarts importants en ce qui concerne la taille des utilisateurs. Elle varie entre 1,5 m et 1,95 m, avec la majorité des individus mesurant entre 1,67 m et 1,80 m. Sept personnes mesurent plus de 1,82 m et une seule personne mesure 1,95 m. En ce qui concerne le poids, les données varient un peu plus, soit entre 48 kg et 118 kg, 14 % des utilisateurs pesaient moins de 57 kg et un autre 14 % pesaient plus de 91 kg. Une seule personne a indiqué qu'elle pesait 118 kg. L'ensemble de ces données nous indique qu'au niveau des caractéristiques physiques, les utilisateurs du projet Fly-Trottel sont en grande majorité des personnes de taille moyenne (entre 1,5 m et 1,95 m) et de poids moyen (moyenne de 68 kg).

Forme physique. Les utilisateurs ont indiqué qu'ils étaient généralement en assez bonne forme physique (86 % des utilisateurs), puisque la majorité d'entre eux ont mentionné qu'ils pratiquaient régulièrement (plus de deux fois par semaine : 39 %) ou occasionnellement (47 %) des activités sportives où la coordination est importante. Seulement 14 % des utilisateurs ont mentionné qu'ils ne pratiquaient jamais d'activités sportives où la coordination est importante. Mentionnons que la question portait sur des sports qui s'adressent avant tout à des personnes plutôt jeunes comme le patin à roues alignées, le patin à glace, le vélo, le volleyball, le hockey, le tennis ou le soccer. La question ne faisait pas explicitement mention d'activités physiques plus douces comme la marche, la natation ou encore le tai-chi, des activités qui risquent d'être plus régulièrement pratiquées par des aînées.

Problèmes de santé. Très peu de gens ont mentionné qu'ils avaient des problèmes de santé. Sur les 49 utilisateurs, seulement trois ont indiqué avoir des problèmes d'équilibre, deux ont mentionné qu'ils avaient des problèmes de vision centrale ou périphérique, un seul utilisateur présentait des limitations au niveau de la dextérité manuelle et trois personnes ont indiqué qu'elles souffraient de problèmes pouvant affecter leurs performances. Enfin, mentionnons qu'une majorité d'utilisateurs (59 %) utilisaient des verres correcteurs.

Habitudes de déplacements. Les utilisateurs recourent à plusieurs moyens de transport différents pour effectuer de courts déplacements de moins de trois kilomètres. L'automobile demeure de loin le moyen de transport le plus fréquemment utilisé (67 % ou 33 réponses), suivi par la marche (40 % ou 20 réponses), le vélo (22 % ou 11 réponses) et les transports en commun (6 % ou trois réponses) qui font figure de parents pauvres. Comme cette section était à choix multiples, les utilisateurs avaient la possibilité d'indiquer plus d'un moyen de locomotion possible. Enfin, mentionnons que cette partie est celle qui risque le plus de ne pas correspondre à des habitudes attendues en milieu urbain. En effet, les essais ont été menés dans la ville de Saint-Jérôme uniquement. L'échantillon d'utilisateurs n'est donc pas représentatif de l'ensemble de la population québécoise. Par exemple, au niveau des habitudes de déplacement, on constaterait logiquement des différences entre les habitants de Saint-Jérôme et ceux d'une autre ville.

4.3.2 La formation

Les utilisateurs choisis pour l'expérimentation ont suivi une séance de formation assurée par un formateur du CEVEQ qui a reçu l'habilitation officielle de Segway LLC après un cours de formation complet offert par Segway LLC. Les différents modules de formation consistaient notamment à expliquer à chaque utilisateur les principes de base de la machine, les limites de son utilisation, son système de clés associé aux différentes vitesses, ses règles et ses systèmes de sécurité (les alarmes sonores, vibratoires, auditives et visuelles) ainsi que les incitations à la conduite responsable en milieu piétonnier.

Après un vidéo d'une durée de 20 minutes sur la sécurité et la présentation du produit de même qu'une description de l'appareil et de ses composantes, les utilisateurs étaient à tour de rôle soumis à une première série d'essais qui consistait à embarquer et débarquer de l'appareil. Ensuite, les participants ont appris les manipulations reliées à la marche avant, arrière, aux arrêts et aux virages. Durant ces séances, ils ont aussi appris à circuler dans un

environnement parsemé d'obstacles et dans un passage graduellement rétréci et limité fait de cônes pour simuler des cadres de portes et des corridors serrés. Lors des intervalles, les participants accomplissaient des essais libres en milieu fermé.

Outre ces étapes, la deuxième série d'essais consistait à circuler en milieu fermé dans des conditions d'utilisation comprenant un bac de sable, un chemin caillouteux, une bosse, qui représentait une pente abrupte, différentes surfaces dénivelées, une pente inclinée de 20° se terminant par un palier suivi d'escaliers. Les utilisateurs s'y exerçaient pour monter et descendre en Segway, puis pour remonter et redescendre l'appareil en mode assistance dans les escaliers. Ce mode permet le déplacement de l'appareil dans des endroits inappropriés à la conduite comme dans les marches d'escalier. La première moitié des essais s'est déroulée sur la clé noire (8 km/h) et l'autre moitié sur la clé rouge (20 km/h).

4.3.3 La piste pour les essais

Une piste à obstacles reproduisant les principales caractéristiques rencontrées lors de l'utilisation des ATPM en conditions réelles a été construite et installée dans un édifice de 7 300 m². Ce circuit simulait certaines conditions de circulation de tous les jours sur les trottoirs et diverses surfaces. Il comprenait :

- Un corridor d'essai ayant au centre des cubes en plastique;
- Une pente de 20 degrés se terminant par des marches;
- Un environnement fait :
  - d'une surface en béton,
  - d'un bac jonché de sable,
  - d'une rampe dénivelée,
  - d'une pente bossue;
- Divers autres obstacles formés par des cônes simulant les entrées et les cadrages de portes ainsi que par les autres utilisateurs.

Une participante en Segway sur la rampe dénivelée

Une fois la formation dispensée, le participant disposait d'une période d'utilisation libre de l'ATPM afin de vivre une expérience individuelle avec l'appareil. Cette session était suivie d'une restitution à chaud à l'aide d'un questionnaire exhaustif. Les réponses au questionnaire ont été par la suite saisies dans une banque de données.

L'expérimentation réalisée par le CEVEQ avait pour objectif de mieux comprendre les difficultés potentielles d'une variété d'utilisateurs à opérer le Segway et la trottinette électrique et de recueillir leurs réactions sur les difficultés vécues et leurs points de vue quant à la sécurité et l'usage potentiel de ces types d'ATPM.

4.4 Rapport d'évaluation par les utilisateurs du Segway

4.4.1 Formation et apprentissage[44]

«La formation, que ce soit la formation complète de quatre heures ou l'orientation qui dure environ 45 minutes, joue un rôle fondamental dans l'utilisation sécuritaire de l'appareil», selon les experts en ergonomie qui ont participé au projet. Cette constatation est en tout point conforme aux résultats provenant de l'enquête menée auprès du groupe d'utilisateurs.

Tout près de 60 % des utilisateurs n'avaient que vaguement entendu parler du Segway ou ne connaissaient pas du tout l'appareil, alors que 14 % d'entre eux s'étaient informés avant d'entreprendre les essais en circuit fermé. L'échantillon d'utilisateurs était donc composé à la fois de personnes qui avaient quelque expérience et de personnes qui ne connaissaient pas beaucoup l'appareil.

Sur les 49 utilisateurs, seulement trois d'entre eux ont jugé que la séance de formation ne leur avait pas permis de se familiariser adéquatement avec le Segway. Ces utilisateurs ont d'ailleurs indiqué que quelques heures de formation additionnelles leur auraient été nécessaires pour mieux se familiariser avec l'ATPM. Trois personnes ont mentionné qu'environ quatre heures de formation supplémentaires leur auraient été nécessaires, tandis qu'une seule personne a indiqué qu'entre cinq et neuf heures de plus lui aurait paru approprié.

Remarquons que deux des personnes ayant mentionné qu'elles auraient préféré une formation plus longue ont aussi fait mention qu'elles avaient des problèmes au niveau de leur équilibre. La formation au fonctionnement du Segway devrait ainsi tenir compte de certains facteurs qui limitent la rapidité d'apprentissage.

Somme toute, pour la très grande majorité des utilisateurs (94 %), la formation de quatre heures dispensée par le CEVEQ s'est avérée tout à fait appropriée.

Toutefois, 14 % des utilisateurs ont quand même indiqué qu'ils ne seraient pas encore tout à fait prêts à circuler normalement en Segway (milieu ouvert), même après quatre heures de formation. Cette donnée semble montrer qu'une période additionnelle de «rodage» ou d'expérience, qui n'est pas directement liée à la formation, soit nécessaire à certaines personnes afin de se sentir plus en confiance pour rouler normalement avec l'ATPM.

Le tableau 6 montre les résultats de l'enquête concernant différents aspects de l'apprentissage et leur niveau de difficulté. Les résultats indiquent qu'en général, l'apprentissage du Segway s'avère facile ou moyen, surtout en ce qui concerne l'équilibre et sa mise en action. Les aspects touchant à la manœuvrabilité comme le maniement, les réflexes et le contournement des obstacles, sont apparus un peu plus complexes.

Enfin, tous les utilisateurs ont indiqué que les informations qui leur ont été transmises lors de la séance de formation étaient adéquates et pertinentes.

---

[44] Segway LLC recommande une formation de quatre heures sur le Segway HT série e (type commercial) et une formation de 30 minutes sur les Segway HT séries i et p (type consommateur).

TABLEAU 6
Évaluation du degré de complexité de l'apprentissage du Segway

	Facile	Moyen	Difficile
Équilibre	69 %	24 %	4 %
Accélération	79 %	19 %	2 %
Décélération	69 %	27 %	2 %
Maniement	44 %	48 %	8 %
Réflexes	39 %	49 %	12 %
Arrêts et départs	71 %	24 %	4 %
Obstacles	35 %	54 %	8 %

4.4.2 La sécurité

Appréhensions de départ

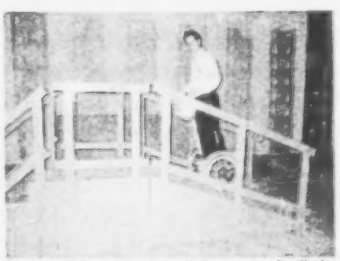
Au total, 44 % des utilisateurs avaient des appréhensions avant d'embarquer sur l'appareil. Compte tenu de son design et de sa nouveauté, ces appréhensions apparaissent tout à fait fondées. Toutefois, ces appréhensions se sont dissipées au cours des essais puisque seulement deux personnes ont mentionné qu'elles ne s'étaient pas dissipées au cours de l'expérience. Ainsi, si le Segway inspire quelques peurs au départ, celles-ci s'effacent rapidement.

Étant donné que le mode de fonctionnement du Segway n'est pas évident au départ (cinq gyroscopes travaillant ensemble pour déterminer la position de l'appareil par rapport à son axe de gravité et qui maintiennent son équilibre et celui de son passager), nous avons cherché à déterminer si les utilisateurs se sentaient en confiance sur ce nouveau type d'engin. Ainsi, nous constatons que :

- 86 % des utilisateurs ont mentionné qu'ils n'ont pas eu l'impression, au moment de l'accélération ou de la décélération, qu'ils allaient chavirer vers l'avant ou vers l'arrière;
- 95 % des utilisateurs ont jugé que le Segway est suffisamment stable à l'arrêt;
- 96 % des utilisateurs ont indiqué qu'ils pensaient que le temps de réponse du Segway était suffisant pour bien réagir dans des situations d'urgence;
- Tous les utilisateurs (100 %) ont jugé qu'ils avaient une bonne visibilité au volant de l'appareil.

Manoeuvrabilité

Les essais en milieu idéalisé ont pu déterminer si les utilisateurs se sentaient à l'aise lors de différentes opérations. On a notamment cherché à identifier les manœuvres qui pouvaient s'avérer particulièrement dangereuses avec le Segway, entre autres : monter et descendre de l'ATPM, à l'arrêt (position stationnaire); au moment de l'accélération et de la décélération; au moment du freinage; dans les virages; pour reculer; descendre et monter des pentes; contourner les obstacles; sur les différentes surfaces de route; lors de la lecture du tableau de bord; pour prendre ou déposer des objets; pour franchir des portes et pour circuler dans les couloirs.



Un participant montant la pente inclinée de 20°

Les résultats des enquêtes indiquent clairement que pour la grande majorité des utilisateurs (80 %), l'ensemble de ces manœuvres est facile. Toutefois, ce nombre diminue à 68 % lorsque des manœuvres de virage sont amorcées (vers la droite ou vers la gauche) ou lorsqu'il s'agit de monter ou de descendre des côtes. Dans ces dernières manœuvres, le taux de personnes jugeant qu'ils se sentent moyennement à l'aise grimpe de 17 à 28 %. Dans tous les cas, le nombre de personnes qui trouvent que ces manœuvres sont difficiles demeure marginal, avec moins de 5 % des utilisateurs. Les manœuvres qui apparaissent les moins faciles sont les contournements d'obstacles. Dans ce cas, 40 % des utilisateurs ont indiqué qu'ils se sentaient moyennement à l'aise, 55 % se sont senti en toute sécurité et seulement 4 % des utilisateurs ont trouvé cela difficile (2 personnes sur 49).

Segmentation des résultats

Le circuit des essais a été aménagé et idéalisé en milieu fermé aux conditions différentes de situations normales d'utilisation (pluies, intempéries, éclairage, surfaces irrégulières, trafic et imprévus).

Les personnes ayant indiqué qu'elles souffrent d'un problème d'équilibre ont également mentionné qu'elles trouvaient en général les manœuvres avec le Segway plus difficiles que les autres utilisateurs. Ce résultat n'est en tout point pas surprenant puisqu'il correspond aux attentes. Ces personnes ont plus de difficultés avec tous les types d'ATPM : vélo, cyclomoteur, trottinette, etc.

Le port de verres correcteurs et les gens atteints de problèmes de vision n'indiquent aucun écart par rapport aux résultats généraux. Leurs réponses sont en tout point identiques à celles de l'utilisateur moyen. En résumé, les gens souffrant de problèmes de vision n'ont pas mentionné de difficulté particulière concernant l'utilisation sécuritaire du Segway.

Les personnes souffrant de dextérité manuelle ainsi que les personnes souffrant de problèmes de santé pouvant affecter leurs performances n'ont également pas mentionné de difficulté particulière concernant l'utilisation sécuritaire du Segway. Les résultats indiquent que ces personnes se sentent à l'aise et en sécurité sur l'appareil.

Étonnamment, c'est dans le groupe d'âge des 41 à 60 ans où le nombre de réponses jugeant le Segway difficile à manœuvrer est le plus élevé. Comment expliquer ce résultat? En effet, au niveau physique comme au niveau de l'apprentissage, ce groupe d'âge ne présente généralement aucune «distorsion» particulière. Il constitue même souvent la population ou l'échantillon moyen par excellence. Plusieurs pistes d'explication sont possibles :

- L'échantillon n'est pas assez représentatif de ce groupe d'âge;
- Ils proviennent d'un milieu de travail où le stress est plus élevé que la moyenne, créant par effet d'entraînement des attentes plus élevées quant à la performance de l'ATPM.

Nous n'avons trouvé aucune différence en ce qui concerne les résultats entre les femmes et les hommes. Ces deux groupes montrent des résultats similaires sur les aspects sécuritaires du Segway. Autant les femmes que les hommes de notre échantillon d'utilisateurs ont affirmé se sentir en grande majorité à l'aise et en sécurité sur le Segway.

Les résultats indiquent aussi que ni la taille ni le poids ne sont des facteurs qui ont une influence sur les données compilées ci-dessus. La pratique d'activités physiques n'a également pas joué un rôle sur les résultats. Autrement dit, la forme physique n'est à la fois ni un pré-requis ni un handicap pour l'utilisation du Segway.

Toutefois, à la question concernant le sentiment d'être totalement en contrôle de l'appareil, 30 % des utilisateurs ont indiqué qu'ils ne pensaient «jamais» être totalement en contrôle du Segway, contre 63 % qui ont admis se sentir

«parfois» en total contrôle et seulement 4 % des utilisateurs qui se sentent «souvent» en contrôle de l'ATPM. Comment expliquer cette différence par rapport aux données précédentes? La nouveauté expliquerait ces résultats. En effet, il faut un certain temps pour se sentir pleinement en confiance sur un appareil de transport motorisé personnel, que ce soit le Segway, le vélo, le cyclomoteur ou l'automobile.

Gros plan du Segway HT dans le bac de sable

Il est donc naturel que bien que les utilisateurs trouvent le maniement du Segway relativement facile, ils ne se considèrent pas encore, à leur niveau, tout à fait en contrôle de l'appareil. Une période d'essai et d'adaptation plus longue serait nécessaire pour mieux évaluer cet aspect.

Malgré cela, 55 % des utilisateurs se sont senti «tout le temps» en confiance lors de leur expérience et 43 % se sont senti «souvent» en confiance. Seule une personne sur les 49 a mentionné qu'elle se sentait «rarement» en confiance durant son expérience avec le Segway.

Améliorations à apporter

Dix-huit p. cent des utilisateurs ont mentionné que le Segway n'avait pas besoin d'améliorations. Parmi les autres, les utilisateurs mentionnent que les accessoires suivants seraient utiles :

- L'ajout d'un klaxon : 24 réponses
- L'ajout d'un phare : 22 réponses
- L'ajout d'un indicateur de vitesse : 18 réponses
- L'ajout d'un rétroviseur : 16 réponses

Normes de sécurité

Concernant les normes de sécurité, les utilisateurs ont mentionné qu'une formation accréditée par le gouvernement serait souhaitable (70 %) ainsi que le port d'un casque protecteur (57 %). Seulement 22 % des utilisateurs pensent qu'un permis de conduire soit nécessaire et une grande majorité (65 %) pensent qu'il devrait y avoir un âge limite pour circuler en Segway, soit être âgé de plus de 14 ans.

Une pratique de virages et de détours en Segway.

Un exercice d'opération de Segway dans les escaliers

Évaluation des performances de l'appareil

L'évaluation des performances au niveau de la perception des utilisateurs portait sur les points suivants : la vitesse, les réponses aux commandes, la puissance dans les côtes, la maniabilité, le confort, le freinage et les obstacles.

La presque totalité des utilisateurs a jugé que les performances générales du Segway étaient bonnes ou adéquates pour la majorité des points à l'étude ci-dessus. Une différence est toutefois à noter en ce qui concerne la puissance dans les côtes où quelques personnes (2 sur 49) ont jugé qu'elle était «déficiente».

Observations et avis du formateur

Il n'y a eu aucun accident durant la formation et les essais effectués sur le Segway HT et la trottinette électrique. Les appréhensions de départ sur le Segway (peur de chavirer, chutes, etc.) se sont dissipées au cours de la formation et des essais.

Le formateur a toutefois identifié durant la formation les difficultés des participants à manipuler la commande de virage à la suite d'une compatibilité inhabituelle entre la direction de la poignée et celle du Segway. La façon de contrôler la direction du Segway est en effet différente de celle qui est habituellement utilisée sur d'autres types de véhicules; un mouvement de la commande vers la gauche fait tourner l'appareil vers la gauche et ce mouvement vers la droite le fait tourner à droite. L'étude ergonomique qui a aussi fait cette observation nous renseigne davantage sur ce point.

Ces difficultés s'amenuisent cependant tout au long de la formation ou des essais. À noter également que dans le tableau 5, on considère que le cyclomoteur et le vélo requièrent un apprentissage comparable. Ceux-ci requièrent plus de temps d'apprentissage que le Segway. La voiture demande un plus grand apprentissage encore, due à la complexité du véhicule. Aussi, une large majorité d'utilisateurs de l'étude comportementale a estimé que la charge de travail mental imposée par la conduite du Segway varie de faible à moyenne, ce qui se compare avantageusement au vélo, au cyclomoteur et à l'automobile.

Un participant en exercice sur la pente bossue

4.4.3 Les applications

Perception générale

Tous les utilisateurs ont mentionné qu'ils avaient aimé leur expérience avec le Segway.

Le Segway semble être bien perçu par le groupe d'utilisateurs lors des essais. En effet, 67 % ont indiqué, parmi une possibilité de plusieurs réponses, que le Segway est «un nouveau moyen de transport individuel qui comblera des besoins spécifiques de déplacements en milieu urbain» et 43 % d'entre eux trouvent même que c'est un «moyen

révolutionnaire de se déplacer». Vingt p. cent des personnes estiment qu'il «sera surtout utile aux personnes à mobilité réduite» et 10 % pensent qu'il «est adapté plus particulièrement aux déplacements en milieu fermé». Enfin, une seule personne estime que le Segway «est avant tout un gadget».

Applications potentielles

En ce qui concerne les applications potentielles du Segway, les avis sont également partagés entre se rendre au travail, les loisirs, faire des courses et circuler dans le voisinage. Les réponses semblent indiquer que le Segway pourrait être utilisé pour de multiples types de déplacements.

Intérêt pour des essais dans différents milieux

La majorité des utilisateurs ont mentionné qu'ils étaient intéressés à poursuivre les essais dans différents milieux réels d'utilisation. Par ordre d'importance, les lieux les plus intéressants sont :

- Sur une piste cyclable (82 %);
- Sur les trottoirs (80 %);
- Dans un parc (69 %);
- À l'intérieur d'un centre commercial (65 %);
- À l'intérieur d'un édifice (61 %);
- À l'intérieur d'une enceinte industrielle ou privée (53 %).

Ces essais pourraient permettre de mieux valider les données concernant les applications potentielles de cet ATPM.

4.4.4 Le profil de l'acheteur potentiel

À la question «Seriez-vous intéressé à acheter un Segway?», les hommes (53 %) semblent plus intéressés que les femmes (33 %) et les jeunes sont plus intéressés que les personnes âgées. En effet, on constate dans les résultats que plus l'on augmente en âge, plus l'intérêt pour le Segway diminue. Ainsi, 86 % des utilisateurs âgés entre 16 et 20 ans seraient intéressés par l'achat d'un Segway, ce pourcentage tombe à 50 % pour les gens âgés entre 21 et 40 ans, puis à 44 % pour les personnes âgées entre 41 et 60 ans, et enfin il atteint seulement 25 % pour les utilisateurs âgés de plus de 71 ans.

Mentionnons que 51 % des utilisateurs ne souhaitent pas acheter de Segway et 45 % seraient éventuellement intéressés à acheter ce type d'ATPM.

4.4.5 Le transfert de mobilité

Les résultats de l'enquête menée auprès des utilisateurs indiquent que le Segway pourrait potentiellement entraîner un transfert de mobilité. En effet, les données montrent que si les gens avaient un Segway, ils utiliseraient davantage cet ATPM pour leurs déplacements sur de courtes distances (moins de trois km). Le graphique 1 illustre ce transfert de mobilité. On voit clairement que le moyen de transport utilisé la plupart du temps pour de courts déplacements en été, en automne et au printemps (colonne A) serait très différent si les gens disposaient d'un ATPM comme le Segway pour faire ces mêmes déplacements (colonne B).

Ce transfert de mobilité touche avant tout l'automobile. Alors que 33 personnes utilisent actuellement et de manière régulière leur automobile pour de courts déplacements, ce nombre tomberait à neuf si l'accès à un Segway était disponible.

La marche subit aussi une certaine forme de transfert de mobilité. Ainsi, six déplacements seraient transférés de la marche vers le Segway. Les données nous indiquent que ce transfert concernerait surtout les personnes âgées ainsi que les personnes souffrant de problèmes de poids (plus de 90 kg).

Notons que le transfert de mobilité semble marginal en ce qui concerne l'utilisation du vélo et des transports en commun. Il semble que le Segway n'ait pas d'impact sur ces deux formes de mobilité.

GRAPHIQUE 1
Le Segway dans le transfert de la mobilité

4.5 Résumé des évaluations par les utilisateurs du Segway

Une formation est-elle nécessaire? Oui, car elle joue un rôle fondamental dans l'utilisation sécuritaire du Segway. D'ailleurs, un seul utilisateur sur les 49 a mentionné qu'une formation n'était pas nécessaire.

Quel est le niveau d'apprentissage du Segway? Les données indiquent que le niveau d'apprentissage du Segway est en général facile ou moyen. Pour une minorité d'utilisateurs et sur certains aspects en particulier, notamment au niveau de réflexes, l'apprentissage est un peu plus compliqué.

Le Segway est-il destiné à une catégorie de personnes en particulier (âge, sexe, profession, etc.)? Tout indique que le Segway ait été conçu pour répondre à des besoins de mobilité pour une très grande majorité d'individus.

Quelles sont les catégories de personnes qui devraient s'abstenir d'utiliser le Segway? Certaines personnes âgées, les femmes enceintes, les gens souffrant de maladies affectant leur proprioception, les gens dont le centre de gravité est déplacé ou transportant des charges et les gens souffrant de problèmes vestibulaires.

Le Segway est-il sécuritaire? Les résultats des essais ont démontré qu'en situations idéalisées (circuit fermé, surface unie), le Segway est stable et qu'il donne à l'utilisateur l'impression d'être en contrôle du véhicule.

Quelles sont les améliorations que l'on pourrait apporter pour rendre cet appareil plus sécuritaire? L'évaluation ergonomique a montré que le Segway pourrait être amélioré en ce qui a trait au niveau de l'alarme sonore, des indicateurs visuels et du délai d'inactivation.

Peut-on identifier des paramètres de normalisation? Une formation reconnue par un organisme accrédité par le gouvernement, telle la SAAQ, l'âge minimal d'utilisation fixée à 14 ans et le port d'un casque de sécurité sont des paramètres à prendre en compte. L'obtention d'un permis de conduire n'a pas été jugée obligatoire.

Pour quel type de mobilité le Segway est-il le plus adapté? Le Segway est conçu pour un large public et est destiné à combler de multiples besoins de mobilité en milieu urbain, ouvert ou fermé.

Le Segway est-il suffisamment performant et attirant pour générer un transfert de mobilité? Les résultats de l'enquête menée auprès des utilisateurs indiquent que le Segway pourrait entraîner un transfert de mobilité substantiel, surtout en ce qui concerne l'automobile.

4.6 Évaluation par les utilisateurs de la trottinette électrique

4.6.1 La formation

La formation de la trottinette consistait à expliquer aux participants le fonctionnement de l'appareil (performances, accélération, freinage, etc.) suivi des essais libres en circuit fermé aménagé. Un peu plus de 72 % des utilisateurs n'avaient que vaguement entendu parler de la trottinette électrique ou ne connaissaient pas du tout l'appareil, alors que 5 % d'entre eux s'étaient informés avant d'entreprendre les essais en circuit fermé. Un peu plus de 20 % avaient déjà fait un essai au préalable. L'échantillon d'utilisateurs était donc composé à la fois de personnes qui avaient en général moins d'expérience et de connaissances de la trottinette électrique que du Segway. Ces données apparaissent un peu étonnantes puisque les trottinettes sont en usage depuis bien plus longtemps que le Segway. Elles ont peut-être toutefois attiré un peu moins l'attention des médias que le Segway dans les dernières années.

Sur les 40 utilisateurs, seulement quatre d'entre eux ont jugé que la séance de formation qui avait été offerte – une formation surtout théorique d'environ 15 minutes – ne leur avait pas permis de se familiariser adéquatement avec la trottinette électrique. Ces utilisateurs ont d'ailleurs indiqué que quelques heures de formation additionnelles leur auraient été nécessaires pour mieux se familiariser avec l'ATPM. Deux personnes ont mentionné qu'environ quatre heures de formation supplémentaires leur auraient été nécessaires, tandis qu'une seule personne a indiqué que plus de 15 heures lui seraient nécessaires.

Le tableau 7 montre les résultats de l'enquête concernant différents aspects de l'apprentissage et leur niveau de difficulté. Les résultats indiquent qu'en général, l'apprentissage de la trottinette électrique s'avère somme toute relativement facile tout comme le Segway.

TABLEAU 7
Évaluation du degré de complexité de l'apprentissage de la trottinette électrique

	Facile	Moyen	Difficile
Équilibre	67 %	25 %	8 %
Accélération	77 %	18 %	5 %
Décélération	85 %	10 %	5 %
Maniement	72 %	20 %	6 %
Réflexes	75 %	20 %	5 %
Arrêts et départs	80 %	13 %	7 %
Obstacles	60 %	30 %	10 %

Un participant sur le Scorpion S-I

Par rapport au Segway, la trottinette électrique est toutefois apparue plus facile d'apprentissage en ce qui concerne le maniement, les réflexes et le contournement des obstacles.

Enfin, et comme pour le Segway, tous les utilisateurs (100 %) ont indiqué que les informations qui leur ont été transmises lors de la séance de formation étaient adéquates et pertinentes.

Malgré ces résultats encourageants quant à la formation, 75 % des utilisateurs (30 sur 40) ont jugé qu'une séance de formation n'était pas absolument nécessaire pour rouler en trottinette électrique.

4.6.2 La sécurité

Appréhension de départ

Au total, 15 % des utilisateurs avaient des appréhensions avant d'embarquer sur la trottinette électrique, ce qui est relativement moins que le Segway (44 %). Les appréhensions se sont dissipées au cours des essais puisque seulement deux personnes ont mentionné qu'elles ne s'étaient pas dissipées au cours de l'expérience. Ainsi, la trottinette électrique inspire moins d'appréhensions au départ que le Segway. L'aspect plus «familier» de l'appareil pourrait expliquer cette différence.

Manoeuvrabilité

Les essais en milieu artificiel ont pu déterminer si les utilisateurs se sentaient à l'aise lors de différentes opérations. On a notamment cherché à identifier les manœuvres qui pouvaient s'avérer particulièrement dangereuses avec la trottinette électrique. Les manœuvres évaluées pour la trottinette électrique sont en tous points identiques à celles évaluées pour le Segway.

Les résultats des enquêtes indiquent clairement que pour la grande majorité des utilisateurs (73 %), l'ensemble de ces manœuvres avec la trottinette électrique est facile. Toutefois, ce nombre diminue à 53 % lorsque des manœuvres de contournement d'obstacles, de déplacements sur différentes surfaces et de prendre ou déposer des objets sont amorcées. Dans ces dernières manœuvres, le taux de personnes jugeant qu'ils se sentent moyennement à l'aise grimpe de 20 à 30 %. Dans tous les cas, le nombre de personnes qui trouve que ces manœuvres sont difficiles demeure marginal, avec moins de 5 % des utilisateurs. Les manœuvres qui apparaissent donc les moins faciles sont les contournements d'obstacles. Dans ce cas, 30 % des utilisateurs ont indiqué qu'ils se sentaient moyennement à l'aise, 52 % se sont senti en toute sécurité et 8 % des utilisateurs ont trouvé cela difficile (3 personnes sur 40).

Une pratique de virages et de détours en trottinette électrique

Segmentation des résultats

Les conditions d'essais étaient idéalisées, différentes de situations normales d'utilisation.

Les personnes ayant indiqué qu'elles souffrent d'un problème d'équilibre ont mentionné qu'elles trouvaient en général les manœuvres de la trottinette électrique aussi faciles que les autres utilisateurs. Contrairement au Segway, cette catégorie d'utilisateurs ne semble pas avoir de problèmes avec la trottinette. Mentionnons toutefois que le nombre de personnes âgées (population étant la plus susceptible de présenter des problèmes d'équilibre) ayant participé aux essais est plus faible que pour le Segway, d'où un écart probable dans les résultats.

Les données concernant les personnes souffrant de dextérité manuelle et les personnes souffrant de problèmes de santé pouvant affecter leurs performances indiquent qu'entre 5 à 7 % d'entre elles ont des difficultés particulières concernant l'utilisation sécuritaire de la trottinette électrique notamment pour les manœuvres de contournement d'obstacles.

Le port de verres correcteurs et les gens atteints de problèmes de vision n'indiquent aucun écart par rapport aux résultats généraux. Leurs réponses sont en tout point identiques à celles de l'utilisateur moyen. En résumé, les gens

souffrant de problèmes de vision n'ont pas mentionné de difficulté particulière concernant l'utilisation sécuritaire de la trottinette électrique.

On n'a trouvé aucune différence en ce qui concerne les résultats entre les femmes et les hommes. Ces deux groupes montrent des résultats similaires sur les aspects sécuritaires de la trottinette électrique. Autant les femmes que les hommes de notre échantillon d'utilisateurs ont admis se sentir en grande majorité à l'aise et en sécurité sur la trottinette électrique.

Comme pour le Segway, les résultats indiquent que ni la taille ni le poids ne sont des facteurs qui ont une influence sur les données compilées ci-dessus. La pratique d'activités physiques n'a également pas joué un rôle sur les résultats. Autrement dit, la forme physique n'est à la fois ni un pré-requis ni un handicap pour l'utilisation de la trottinette électrique.

Sentiment de sécurité

À la question concernant le sentiment d'être totalement en contrôle de l'appareil, une seule personne a indiqué qu'elle ne pensait «jamais» être totalement en contrôle de la trottinette électrique, contre 33 % qui ont admis se sentir «parfois» en total contrôle et 65 % des utilisateurs qui se sentent «souvent» en contrôle de l'ATPM. Comment expliquer cette différence par rapport au Segway? Les trottinettes électriques sont munies d'un frein à main et les changements de direction sont directement opérés à partir du guidon (opération avec les bras et le haut du corps) et non d'une poignée (opération du poignet). Cette différence dans l'utilisation des parties du corps pour diriger les mouvements des deux ATPM pourrait expliquer les écarts concernant le sentiment de sécurité entre la trottinette électrique et le Segway.

Au total, 60 % des utilisateurs se sont senti «tout le temps» en confiance lors de leur expérience et 27 % se sont senti «souvent» en confiance. Cinq pour cent des utilisateurs (2 personnes sur 40) ont mentionné qu'ils se sentaient «à l'occasion» en confiance lors de leur expérience avec la trottinette et 5 % ont indiqué qu'ils se sentaient «rarement» en confiance. Le pourcentage de personnes qui se sentent peu en confiance avec la trottinette est donc légèrement plus élevé que pour le Segway.

Améliorations à apporter

Quarante-cinq pour cent des utilisateurs ont mentionné que la trottinette électrique n'avait pas besoin d'améliorations. Il s'agit d'une différence assez importante par rapport au Segway (18 %). Parmi les autres, les utilisateurs mentionnent que les accessoires suivants seraient utiles :

- L'ajout d'un klaxon : 14 réponses
- L'ajout d'un phare : 12 réponses
- L'ajout d'un rétroviseur : 7 réponses
- L'ajout d'un indicateur de vitesse : 5 réponses

Normes de sécurité

Concernant les normes de sécurité, les utilisateurs ont surtout insisté sur le port du casque protecteur obligatoire (70 %) et l'âge minimal d'utilisation, que 53 % aimeraient voir fixé à 12 ans et plus et 28 % à 14 ans et plus. Notons que seulement 17 % des utilisateurs pensent qu'une formation approuvée par un organisme accrédité par le gouvernement, telle la SAAQ, est nécessaire, tandis que 15 % estiment qu'un permis de conduire pour ce type d'engin est une nécessité.

4.6.3 Les applications

Perception générale

Quatre-vingt-treize p. cent des utilisateurs ont mentionné qu'ils avaient aimé leur expérience avec la trottinette électrique, alors que 7 %, ou trois d'entre eux, n'ont pas apprécié cet ATPM.

La trottinette électrique semble être perçue différemment du Segway. En effet, 42 % des utilisateurs (contre 67 % pour le Segway) ont indiqué, parmi une possibilité de plusieurs réponses, que la trottinette électrique est «un nouveau moyen de transport individuel qui comblera des besoins spécifiques de déplacements en milieu urbain» et 15 % d'entre eux (43 % pour le Segway) ont affirmé que c'est un «moyen révolutionnaire de se déplacer». Dix p. cent pensent qu'il «est adapté plus particulièrement aux déplacements en milieu fermé» et enfin, pas moins de 13 personnes (32,5 % des utilisateurs, contre une seule sur 49 pour le Segway) estiment que la trottinette électrique «est avant tout un gadget» et ce sont principalement les jeunes de moins de 20 ans qui pensent ainsi.

Applications potentielles

En ce qui concerne les applications potentielles de la trottinette électrique, les avis sont assez unanimes; 52,5 % des utilisateurs (21 réponses) estiment qu'elle est avant tout destinée aux loisirs et 37,5 % (15 réponses) pensent qu'elle sera utile pour de courts déplacements dans le voisinage. Elle pourrait aussi avoir quelque utilité pour faire des courses (12 réponses; 30 %), mais peu pour se rendre au travail (20 % ou 8 réponses). Ainsi, les données de l'enquête sur la trottinette électrique indiquent que cet ATPM semble plus destiné à une mobilité liée à des activités de loisir et de détente.

Intérêt pour des essais dans différents milieux

Les utilisateurs ont largement mentionné qu'ils étaient intéressés à poursuivre les essais en trottinette électrique dans différents milieux réels d'utilisation. Par ordre d'importance, les lieux les plus intéressants sont :

- Sur une piste cyclable (70 %);
- Dans un parc (70 %);
- Sur les trottoirs (50 %);
- Sur la voie publique (47,5 %).

Ces essais pourraient permettre de mieux calibrer les données concernant les applications potentielles de la trottinette électrique.

4.6.4 Le profil de l'acheteur potentiel

Contrairement au Segway, peu de gens sont intéressés à faire l'acquisition d'une trottinette électrique. Sur les 40 utilisateurs, seulement 10 (25 %) ont indiqué qu'ils songeraient éventuellement à acheter un tel appareil. En ce qui concerne l'âge des acheteurs potentiels, les résultats sont des plus étonnants. Les données indiquent que c'est le groupe d'âge des 41 à 60 ans qui serait le plus intéressé par l'achat d'une trottinette électrique. Tous les utilisateurs de moins de 20 ans (100 %) ne sont pas intéressés par l'achat d'un tel appareil. Dans les 21 à 40 ans, l'intérêt pour la trottinette électrique n'est guère plus élevé, puisque seulement trois personnes sur onze ont mentionné leur intérêt pour l'achat de ce type d'ATPM. Chez les plus de 61 ans, le nombre d'acheteurs potentiels est évidemment assez faible (1 personne sur 4) compte tenu du faible intérêt de cette catégorie d'âge pour participer aux essais de la trottinette dans le cadre de la première phase du projet Fly-Trottel.

En résumé, le profil de l'utilisateur de la trottinette électrique serait généralement une personne âgée entre 41 et 60 ans. De plus, 25 % des femmes et 25 % des hommes ont mentionné avoir un intérêt pour ce mode de transport. La trottinette électrique semble donc s'adresser aux hommes comme aux femmes.

4.7 Résumé des évaluations par les utilisateurs de la trottinette électrique

Une formation est-elle nécessaire? Non. Dix à quinze minutes d'explications sur le fonctionnement de la trottinette sont suffisantes.

Quel est le niveau d'apprentissage? Les données indiquent que le niveau d'apprentissage de la trottinette électrique est relativement facile et simple.

La trottinette électrique est-elle destinée à une catégorie de personnes en particulier (âge, sexe, occupation, etc.)? Les personnes âgées ont montré peu d'intérêt pour cet ATPM. En ce qui concerne les moins de 20 ans, aucun d'entre eux n'est intéressé par l'achat de cet appareil. Seul le groupe d'âge des 41 à 60 ans s'est montré intéressé par la trottinette électrique.

Quelles sont les catégories de personnes qui devraient s'abstenir d'utiliser la trottinette électrique? Les mêmes que pour le Segway, soit les personnes âgées, les femmes enceintes, les gens souffrant de maladies proprioceptives, les gens dont le centre de gravité est déplacé ou celles transportant des charges et les gens souffrant de problèmes vestibulaires.

La trottinette électrique est-elle sécuritaire? Les résultats des essais ont démontré qu'en circuit fermé, la trottinette électrique est tout à fait sécuritaire.

Quelles sont les améliorations que l'on pourrait apporter pour rendre cet appareil plus sécuritaire? L'ajout d'un klaxon et de phares serait des améliorations intéressantes.

Peut-on identifier des paramètres de normalisation? Rendre le port du casque protecteur obligatoire et fixer l'âge minimal d'utilisation à 12 ans.

Pour quel type de mobilité la trottinette électrique est-elle la mieux adaptée? La trottinette électrique semble avant tout être destinée aux loisirs et à de courts déplacements dans le voisinage immédiat du lieu de résidence.

5 Synthèse générale concernant le Segway et la trottinette électrique

Le tableau 8 présente une synthèse des résultats des enquêtes auprès des utilisateurs menées par le CEVEQ. Il sert aussi de base de comparaison entre les deux types d'ATPM.

TABLEAU 8
Synthèse générale concernant le Segway et la trottinette électrique

	Segway	Trottinette électrique
Caractéristiques générales	Appareil équipé d'un manche fixe en forme de T fixé sur un plateau posé sur deux roues côte à côte, le Segway se conduit debout et se manœuvre grâce à la dynamique du corps humain : se pencher en avant le fait avancer, se redresser l'arrête, une inclinaison en arrière le fait reculer (l'appareil est équipé d'un système de balancier et de gyroscopes). Sans frein ni accélérateur, cet engin dispose d'une poignée pour tourner et est le seul véhicule à pouvoir tourner sur lui-même, comme un piéton, grâce à ses roues capables de tourner en sens contraire.	La trottinette électrique est un engin de transport individuel à deux roues muni de batteries. Semblable à la trottinette conventionnelle, elle pèse environ 15 kg pour une longueur de près d'un mètre et peut posséder une clef de contact, des manettes d'accélération et de freinage. Certains modèles possèdent un siège, d'autres encore sont munis de dispositifs de sécurité tels que des phares, des clignotants, des réflecteurs de lumière et peuvent être pliés ou munis de trois roues.
Données sur les essais		
Types d'appareils	Deux modèles : Segway HT i 167 (série i), et Segway HT e 167 (série e).	Deux trottinettes électriques de marque *Zappy* et un *Scorpion S-I*, une trottinette électrique de type scooter (avec siège).
Circuit	Circuit fermé en milieu contrôlé aménagé spécialement pour le projet avec divers obstacles (pentes, cônes) et sur différentes surfaces.	Circuit fermé en milieu contrôlé aménagé spécialement pour le projet avec divers obstacles sur différentes surfaces.
Population	Essais à Saint-Jérôme en milieu contrôlé, avec 61 % d'hommes. Population généralement représentative (âge, poids, taille). 49 utilisateurs.	Essais à Saint-Jérôme en milieu contrôlé. 40 utilisateurs (les mêmes que pour le Segway). La majorité des personnes âgées n'ont pas été intéressées par les essais de la trottinette.
Profil de l'utilisateur		
Acheteurs potentiels	51 % des utilisateurs. Généralement des hommes de moins de 40 ans.	25 % des utilisateurs. Généralement des gens entre 41 et 60 ans.
Utilisateurs potentiels	Tous types de personnes pour différents types de mobilités de courtes distances (moins de 3 km).	De jeunes gens pour des loisirs et des déplacements dans le voisinage.
Type de formation	Théorique et pratique	10 à 15 minutes de théorie sur le fonctionnement de l'appareil
Formation obligatoire?	Oui, reconnue par un organisme accrédité par le gouvernement telle la SAAQ.	Non
Complexité de l'apprentissage	Relativement facile en général : maniement, réflexes et contournement d'obstacles légèrement plus difficiles que pour la trottinette.	Relativement facile. Pas de complexité particulière, sauf pour le contournement d'obstacles.

Sécurité		
Appréhensions	Élevées au départ, mais se sont dissipées avec les essais.	La trottinette électrique inspire moins d'appréhensions au départ que le Segway. L'aspect plus «familier» de l'appareil pourrait expliquer cette différence.
Sentiment de sécurité	Élevé	Élevé
Complexité des manœuvres	80 % des utilisateurs ont jugé l'ensemble des manœuvres faciles. Toutefois, ce nombre diminue à 68 % lorsque des manœuvres de virages sont amorcées (vers la droite ou vers la gauche) ou lorsqu'il s'agit de monter ou de descendre des côtes.	75 % ont jugé l'ensemble des manœuvres faciles. Toutefois, ce nombre diminue à 53 % lorsque des manœuvres de contournement d'obstacles, de déplacements sur différentes surfaces et de prendre ou déposer des objets sont amorcées.
Segmentation	• Les personnes ayant indiqué qu'elles souffrent d'un problème d'équilibre ont également mentionné qu'elles trouvaient en général les manœuvres avec le Segway plus difficiles que les autres utilisateurs. • Le port de verres correcteurs et les gens atteints de problèmes de vision n'indiquent aucun écart par rapport aux résultats généraux. • Les personnes souffrant de dextérité manuelle ainsi que les personnes souffrant de problèmes de santé pouvant affecter leurs performances n'ont pas mentionné de difficulté particulière. • Étonnamment, c'est dans le groupe d'âge des 41 à 60 ans où le nombre de réponses jugeant le Segway difficile à manœuvrer est le plus élevé.	• Les personnes ayant indiqué qu'elles souffrent d'un problème d'équilibre ont mentionné qu'elles trouvaient en général les manœuvres de la trottinette électrique aussi faciles que les autres utilisateurs. • Les données concernant les personnes souffrant de dextérité manuelle et les personnes souffrant de problèmes de santé pouvant affecter leurs performances indiquent qu'entre 5 à 7 % d'entre elles ont des difficultés particulières concernant l'utilisation sécuritaire de la trottinette électrique, notamment pour les manœuvres de contournement d'obstacles, le maniement et les réflexes.
Accessoires supplémentaires	82 % des utilisateurs ont mentionné que le Segway avait besoin d'améliorations : klaxon, phares, rétroviseur et indicateur de vitesse.	55 % des utilisateurs ont mentionné que la trottinette avait besoin d'améliorations, notamment d'un klaxon et d'un phare.
Paramètres de normalisation	Formation reconnue par un organisme accrédité par le gouvernement, telle la SAAQ. Limite d'âge fixée à 14 ans et port d'un casque de sécurité. Permis de conduire non obligatoire.	Port du casque protecteur obligatoire et limite d'âge à 12 ans.
Accidentologie	Pas de statistiques. La nouveauté de l'appareil ne permet pas encore une bonne compilation des données.	Les statistiques dans de nombreux pays occidentaux indiquent que les accidents liés à l'utilisation de la trottinette (classique ou à moteur) sont en hausse importante depuis deux à trois ans.
Adapté en milieu urbain	94 % des participants jugent le Segway sécuritaire pour des déplacements en milieu urbain.	75 % des utilisateurs jugent la trottinette électrique sécuritaire pour des déplacements en milieu urbain.

Applications		
Perceptions générales	67 % ont indiqué que le Segway est «un nouveau moyen de transport individuel qui comblera des besoins spécifiques de déplacement en milieu urbain» et 43 % d'entre eux trouve même que c'est un «moyen révolutionnaire de se déplacer».	32,5 % des utilisateurs estiment que la trottinette électrique «est avant tout un gadget».
Applications	Différents types de mobilité : se rendre au travail, faire des courses, loisirs, etc.	Loisirs
Transfert de mobilité		
Potentiel	De l'automobile vers le Segway pour des déplacements de moins de 3 km en été, au printemps et en automne. Le Segway élimine aussi quelques marcheurs.	Non évalué
Commentaires – résumé – synthèse	«Parfait pour personnes handicapées comme moyen de transport. Aussi pour nos centres d'achat. Livraison de courrier et autres.» Monique	«C'est quelque chose de bon pour un jeune au lieu d'un scooter à gaz.» Philippe

En résumé, le Segway est plus complexe d'apprentissage que la trottinette électrique et il exige un minimum de formation. Il est aussi plus cher à l'achat. Par contre, le Segway est conçu pour un plus large public et est destiné à combler un plus large besoin de mobilité en milieu urbain, ouvert ou fermé. Le Segway engendrerait aussi un transfert de mobilité, notamment de l'automobile vers cet ATPM.

En terme d'utilisation, la trottinette électrique semble plus limitée, notamment aux loisirs, et son marché restreint au cadre récréotouristique.

6 Conclusion

Face aux nombreux problèmes de congestion, de pollution et de mobilité urbaine, les nouveaux moyens de déplacement comme les appareils de transport personnel motorisés apparaissent de plus en plus comme des alternatives à l'usage intensif de l'automobile.

Dans cette optique, la première phase du projet d'évaluation d'ATPM a cherché à identifier les paramètres de normalisation et les exigences en matière de sécurité, en évaluant en milieu fermé idéalisé, deux types d'ATPM, le Segway HT et la trottinette électrique, deux appareils qui pourraient répondre à des besoins de mobilité en milieu urbain.

En ce qui concerne le Segway, les résultats des essais techniques ont démontré qu'en situation normale d'utilisation, le Segway HT est stable, qu'il fonctionne «en douceur et sans à-coups» et qu'il donne à l'utilisateur l'impression d'être en contrôle du véhicule. L'évaluation ergonomique a également démontré que le Segway est facile d'utilisation en situation normale, incluant lors du franchissement d'obstacles, pour un éventail très varié d'utilisateurs. L'appareil se compare d'ailleurs avantageusement avec d'autres types de véhicules, notamment au niveau de la stabilité, où il est d'ailleurs apparu supérieur sur ce point de vue à un autre véhicule comme un vélo ou un cyclomoteur.

Enfin, les études comportementales en milieu fermé ont montré que le Segway est plus complexe d'apprentissage que la trottinette électrique et qu'une formation telle que spécifiée par le manufacturier est nécessaire. Par contre, le Segway est conçu pour un plus large public et est destiné à combler un plus large besoin de mobilité en milieu urbain. Le Segway engendrerait aussi un transfert de mobilité, notamment une réduction de l'utilisation de l'automobile sur de courtes distances.

Les études comportementales en milieu fermé ont aussi montré que la trottinette électrique est facile d'utilisation en situation normale, incluant lors du franchissement d'obstacles. Les résultats des enquêtes indiquent clairement que pour la grande majorité des utilisateurs, l'ensemble des manœuvres avec la trottinette électrique est facile. Toutefois, cet appareil s'adresse plutôt à un public jeune et il semble principalement destiné aux loisirs.

Une très grande majorité des utilisateurs a jugé que les deux types d'ATPM étaient sécuritaires pour des déplacements en milieu fermé. Au regard des résultats des évaluations, l'utilisation du Segway semble appropriée en milieu fermé comme des grands complexes industriels, des centres hospitaliers, des centres commerciaux ou encore les aéroports. Sur la voie publique, l'utilisation du Segway et de la trottinette électrique devrait faire l'objet d'études plus poussées lors d'une deuxième phase du projet Fly-Trottel. Cette deuxième phase permettra ainsi d'évaluer :

- la cohabitation de ces ATPM avec les piétons sur les trottoirs;
- l'effet des conditions réelles d'utilisation dans un environnement dynamique plutôt que statique : traverse aux intersections, différentes conditions d'éclairage jour/nuit, lors d'intempéries (vent, pluie, froid); etc.

7 Recommandations

Considérant les résultats de cette première phase d'évaluation, il est recommandé que :

- La deuxième phase du projet Fly-Trottel portant sur l'évaluation de la trottinette électrique et du Segway en conditions réelles d'utilisation soit réalisée selon des modalités qui seront fixées avec les partenaires du projet.
- La poursuite des évaluations en conditions réelles d'utilisation contribuera à la recherche d'un nouveau cadre réglementaire en définissant les caractéristiques techniques de même que les conditions de circulation des ATPM.

Cette deuxième phase permettra ainsi d'évaluer :

- la fiabilité et la sécurité de ces appareils lorsqu'ils sont utilisés en milieu urbain;
- l'acceptabilité sociale des trottinettes et des Segway au Québec;
- la capacité de ces appareils à remplacer l'automobile pour les courts déplacements en milieu urbain.

8 Bibliographie et sites Internet d'intérêt

- *2002 Comprehensive Statement on Postal Operations*, United States Postal Service.
- *Access to Transport Systems and Services: An International Review*, Transports Canada, TP 12927E, janvier 1997.
- American's Attitudes Toward Walking and Creating Better Walking Communities, Belden Russonello & Stewart April 2003.
- *Appareil de transport personnel motorisé (ATPM). Revue de la littérature : Projets, cadres réglementaires et contexte sécuritaire*, CEVEQ, décembre 2003.
- Arrêté royal du 4 avril 2003 modifiant l'arrêté royal du 1er décembre 1975 portant sur le règlement général sur la police de la circulation routière.
- Avis de la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ).
- Avis de Santé Canada sur la trottinette.
- *Blessures associées...aux trottinettes sans moteur jusqu'en mai 2001*, base de données du SCHIRPT, septembre 2001.
- *Bulletin épidémiologique hebdomadaire de l'Institut de veille sanitaire*, nº 38/2002 du 17 septembre 2002.
- Dietz, V. «Human neuronal control of automatic functional movements: Interaction between central programs and afferent input», *Physiological Reviews*, Vol. 72, No 1, January 1992.
- Ernst, M. & McCann, B. *Mean Streets 2002*, Surface Transportation Policy Project, novembre 2002.
- *Étude ergonomique du Segway*, SHUMAC, décembre 2003.
- *Fatality Facts: Bicycles 2002*, Insurance Institute for Highway Safety.
- Hill, S.G., Iavecchia, H.P., Byers, J.C., Bittner, A.C., Zaklad, A.L. et Christ, R.E. (1992). «Comparison of Four Subjective Workload Rating Scales», *Human Factors*, 34 (4), pp. 429-439, 1992.
- Horak, F.B. & Shupert, C.L. (1994). «Roles of the vestibular system in postural control». *Vestibular Rehabilitation*, (*Contemporary Perspectives in Rehabilitation*), S.J. Herdman (Ed.) Philadelphia : F A Davis, 1994.
- *Important voluntary recall information*. Communiqué de rappel des Segway, 26 septembre 2003.
- Journal *Le Monde*, mars 2000.
- Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard, C. & Fleury, M. (1996) «Attentional demands for walking: Age-Related Changes», *Changes in Sensory Motor Behavior in Aging*, A. Fernandez & N. Teasdale (Eds.), 1996.
- Lajoie, Y., Teasdale, N., Cole, J., Malcolm, B., Bard, C., Fleury, M., Forget, R., Paillard, J. & Lamarre, Y. «Gait behavior in a patient without large myelinated sensory fibers below the neck», *Neurology*, 47: 109-115, 1996.
- «Motorized scooters, skateboards and the Segway™», *Info update*, Insurance Corporation of British Columbia.
- *Pertes de vie et blessures chez les piétons, 1988-1997*, Transports Canada, TP 2436F, 2001.
- Plaquette Segway, Keolis.
- Position de Transports Canada, Segway Human Transporter.
- *Rapport d'essais Évaluation du Segway HT*, PMG Technologies, novembre 2003.

- *Sécurité des utilisateurs de planches à roulettes, patins à roulettes en ligne, etc.*, Groupe de travail de la sécurité et de la circulation routière. Révision des résolutions d'ensemble sur la circulation routière et la signalisation routière, Commission économique pour l'Europe, 37e session, septembre 2001.
- *Segway Human Transporter/Complaints, Reported Incidents and Investigation of Incidents*, U.S. Consumer Product Safety Commission, novembre 2003.
- *Segway Newsletter*, Édition 3, avril 2003.
- Shaheen, S.A. et Finson, R. *Bridging the Last Mile: A Study of the Behavioural, Institutional and Economical Potential of the Segway Human Transporter*, ITS-Davis & Partners for Advanced Transit & Highways (PATH), and Center for Commercialization of ITS Technology (CCIT), août 2002.
- The EC's position on the application of Directive 92/61 EEC to the Segway HT.
- *Traffic Safety Facts 2001*, Chapter 4, People: Pedestrians, U.S. Department of Transportation.
- *Ville cyclable, ville d'avenir*, Commission européenne, 1999.
- *Water Meter Reading with Segway: Life Cycle Cost Analysis Report*, City of Seattle, juin 2003.

Sites Internet d'intérêt :

- www.segway.com
- www.evworld.com
- www.injurycenter.org
- www.innovativemobility.org
- www.hwysafety.org
- www.humantransport.org
- www.citymoove.com
- www.electric-scooters.com
- www.parissegwaytours.com